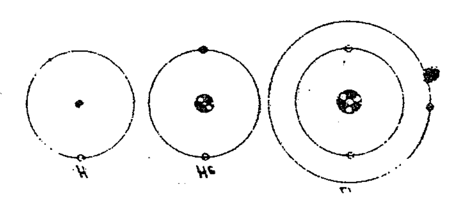
نعرف عنها حتى الآن أى شئ . وحديثا تم بدون سابق توقع إكتشاف عدم إستقرار المنبع القشرى . ويحدث هذا عندما يكون للمنبع القشرى إمتداد بسيط . وفى تأثيره فإن عدم الإستقرار هذا شبيه جدا بالفلاش الذى ذكر سابقا ، فهو يؤدى إلى إرتفاع محلى فى درجة الحرارة وزيادة فى إنتاج الطاقة . ومن المثير أن عدم الإستقرار هذا يتكرر دوريا تقريبا وبدورات طولها من ١٠٠ إلى ١٠٠٠ سنة ، أى فى وقت قصير بالنسبة لعمر النجم . تسمى هذه الظاهرة بالنبض الحرارى . ولا يزال البحث جاريا عن عدم إستقرار يدفع النجم فيه بكتل كبيرة ، كما هو الحال بالنسبة للنجم المركزى فى سديم كوكبى .

النجوم غير الكروية : تصبح نظرية التركيب الداخلى للنجوم معقدة جدا عندما نفحص نجوما تخضع لقوى تعمل على تشكيلها . يمكن أن تكون هذه قوى طرد فى حالة النجوم الدواره ، أو قوى مد وجزر فى حالة المزدوجات أو قوى مغناطيسية . وهذه القوى ليست متجهة من المركز أو إليه ومن هنا فإنها تعمل على الإختلاف عن الشكل الكروى . إن النظرية المضبوطة لهذه النجوم ترتبط بصعوبات كثيرة ، لدرجة أننا لم نحصل حتى الآن منها على نتائج ملموسة ، تقارن مع نتائج النجوم الأخرى . ولأغراض كثيرة توجد نظريات مبسطة ، لا تزال تفترض الشكل الكروى ونحصل منها على نتائج مفيدة مثلا للنجوم بطيئة الدوران ، التى تكون فيها قوى الطرد أقل من قوى الجاذبية ، أو لتطور المزدوجات المتلاصقة (← تطور النجوم) ، التى يكون فيها تأثير تبادل الكتلة أكبر بكثير من قوى المد والجزر . ويختلف الحال عن ذلك فى النجوم سريعة الدوران عندما يمكن مقارنة قوة الطرد مع قوة الجاذبية . ومن المحتمل أن يكون ذلك مهما فى المراحل المتأخرة من التطور ، عندما تكون المناطق المركزية قد إنكمشت لدرجة كبيرة . وحيث أن دفع الدوران (← الدفع) لابد أن يبقى غير متغير ، أى بالنسبة لجسيم مادى على بعد r من محور الدوران وله سرعة دوران w فإن حاصل الضرب $r^2 w$ لابد أن يبقى بدون تغيير ، ويحدث مع كل تصغير فى المسافة r زيادة فى سرعة الدوران الزاوية w . وفى حالة الدوران السريع لا تحدث فقط فلطحة فى النجم ، وإنما تحدث فيه أيضا تيارات كبيرة (الدوران الهاجرى) تسير فى مستويات تمر بمحور الدوران ، أى تحتوى على «خط زوال» . وحتى بالنسبة للشمس بطيئة الدوران جدا ، والتى يمكن حساب تركيبها جيدا بدون إعتبار لقوى الطرد المركزية ، فإن هذه التيارات تظهر فى مناطق تيارات حمل الهيدورجين . ولابد من أخذها فى الإعتبار عندما نريد تعليل التفاصيل مثل الدوران التفاوتى للشمس .

تركيب الذره

atomic structure
structure des atomes *(sf)*
Atombau *(sm)*

تطلق كلمة ذره على أصغر جزء من عنصر كيماوى والذى لا يمكن تقسيمه إلى أكثر من ذلك بالطرق الكيماوية . وتتركب الذره من مكونات أوليه أصغر هى البروتونات والنيوترونات والاليكترونات . يبلغ قطر الذره بضع 10^{-8} سم . وتتكون كل ذره من نواه مشحونة بشحنة كهربية موجبه وحولها هالة مكونة من إليكترونات عليها شحنة سالبه . وفى الحالات العادية تتعادل الشحنة الموجبه مع السالبة . تتركز كتلة الذره فى النواة ذات الشحنة الموجبه . ومن المعروف أن النماذج الأولية لوصف الذره غير كافية ، إلا أنها تعطى بعض القواعد بصورة واضحة مثل النماذج التى تستخدم لتعليل الخطوط الطيفية . ومن هنا فقد



رسم تخطيطى لتركيب الذره فى حالة كل من الهيدروجين H ، والهليوم He والليثوم Li حيث يرمز ⊖ إلى الاليكترون و ⊕ إلى البروتون و O إلى النيوترون .

اتخذت هذه النماذج أساسا للتطور اللاحق . وأدت زيادة معلوماتنا عن تركيب الذره إلى حلول لكثير من المسائل الفلكية .

(١) تتكون نواة الذره من نويات هى بمثابة أحجار البناء فيها . ويتجمع فى النواة عدد z من **البروتونات** وعدد N من **النيوترونات** . أما نواة الهيدورجين فتتكون من بروتون بمفرده . تقدر كتلة البروتون بحوالى ١٫٦٧ × ١٠^-٢٤^جم ، وقطره من المرتبه ١٠^-١٣^سم . ونوى الذرات الأخرى ليست أكبر من ذلك بكثير ، أى أنها بلا إستثناء أقل كثيرا من حجم الذره . يحمل كل بروتون شحنة كهربية موجبه تساوى شحنة الإليكترون فى المقدار وتختلف مع شحنته فى الإشارة . أما النيوترونات فهى على العكس من ذلك متعادلة كهربائيا . z هى الشحنة النووية (العدد النووى) وتحدد إنتماء نواة إلى عنصر كيماوى ما . وعلى سبيل المثال فإن z = ١ للهيدروجين (H) ، z = ٢ للهليوم (H_e) وهكذا . كما أنها تحدد مكان العنصر فى الجدول الدورى للعناصر . ووزن النواة أو عددها الوزنى A هو فى نفس الوقت مجموع عدد النيوترونات والبروتونات أى أن $z + N = A$. ومن الممكن أن يكون للنواة ذات عدد معين من البروتونات أعداد مختلفة من النيوترونات ولهذا يمكن أن يكون لكل عنصر ذرات مختلفة فى الوزن أى **نظائر** . ويميز النظير بكتابه العدد الوزنى قبل رمزه الكيماوى وإلى أعلى بينما يوضع العدد النووى قبل رمز العنصر وإلى أسفل ، أى أن $^{1}_{1}H$ يمثل الهيدروجين ، $^{2}_{1}H$ يمثل الهيدورجين الثقيل ، الديتوريوم ، $^{3}_{1}H$ يمثل الهيدروجين فوق الثقيل ، التريتريوم . وتختلف النظائر المستقرة التى يوجد فيها عدد معين لكل عنصر وغير المستقرة أى المشعة ، التى تتحول من تلقاء نفسها بعد عمر معين إلى نظير مستقر كنفس العنصر أو عن طريق سلسلة جديدة — إلى نظير عنصر آخر . وحسب النموذج القشرى لنواة الذره يمكن تصور لبنات النواة ، البروتونونات والنيوترونات كما لو كانت موجودة فى قشرات . وعندما تمتلئ قشرة ما ، وهو ما يحدث بالنسبة للأعداد السحرية N = ٥٠ ، ٨٢ ، فإن النواة تكون مستقرة بصفة خاصة ضد دخول نيوترونات أخرى . ولا توجد نواة ذره غير متغيره بصورة مطلقة ، بل إن هناك تفاعلات طبيعية وصناعية كثيرة تتحول بمقتضاها نواة ذره إلى نواة ذرة أخرى (**التحول النووى**) . وبهذا فمن الممكن على سبيل المثال بناء نوى ثقيلة من أخرى خفيفة عن طريق إضافة نيوترونات أخرى إليها . وكذلك يمكن تحويل نواة ثقيلة إلى أخرى خفيفة عن طريق الإنشطار النووى . **والأندماج النووى** ، أى إندماج نوى خفيفة لتعطى أخرى ثقيلة هو المهم فى الفيزياء الفلكية . بهذه الطريقة يتحول الهيدروجين إلى هليوم بحيث تتكون نواة هليوم من كل أربعة من نوى الهيدروجين . وتمثل تلك الأندماجات النووية المصدر الرئيسى فى ← إنتاج طاقة النجوم ؛ فدرة الهليوم أخف بكثير من أربع ذرات هيدروجين . وفرق الكتلة m هذا يتحول أثناء الاندماج إلى طاقة E حسب العلاقة $E = m \cdot c^2$ ؛ (c = سرعة الضوء) ، المأخوذة عن النظرية النسبية . وفرق الطاقة يتناسب مع طاقة الربط المختلفة فى النواة .

وعن نشأة شيوع النوى المختلفة إنظر ← نشأة العناصر ، ← شيوع العناصر .

(٢) تحيط بالنواة **هالة الإليكترونات** التى تحتوى فى الحالة العادية عددا من الاليكترونات مساو لعدد البروتونات فى النواة . فى هذه الحالة تصبح الذرة متعادلة كهربائيا بالنسبة لمن خارجها . وكتلة الإليكترون تبلغ $\frac{١}{١٨٣٩}$ من كتلة البروتون ولكن له نفس الحجم وعليه شحنة معاكسة للبروتون . وهالة الاليكترونات هى محل الصفات الكيماوية والضوئية للذره . وتبعا لانموذج مبسط للذره — ولكنه غير دقيق حسب معلوماتنا الحالية — فإن الإليكترونات توجد كذلك فى قشرات حول النواة وتدور حولها كما تدور الكواكب حول الشمس . ويمكن أن يتواجد

الإليكترون فى حالات طاقة مختلفة ومميزه للعنصر الذى يحتويه ، أى أنه يمكنه الحركة فقط فى مدارات لها أقطار معينة . وتسمى الحالة ذات أصغر قدر من الطاقة بحالة الخمود أو مستوى الخمود . وتسمى الحالات ذوات الطاقات الأعلى بالمستويات أو الحالات المثاره . يمكن أن يرتفع الاليكترون من مستوى أدنى إلى مستوى أعلى فى الطاقة . وتسمى هذه العملية ⟵ **بالإثارة** . ولابد لذلك من أن يحصل الإليكترون على فرق الطاقة بين المستويين . من الممكن أن يتم هذا نتيجة للإصطدامات أو بإمتصاص الضوء . فإذا كانت ΔE هى فرق الطاقة فإن الذبذبة ν للضوء الممتص تعطيها العلاقة $\frac{\Delta E}{h} = \nu$ ، على أن h تدل على كم بلانك . وإذا إمتصت ذرات كثيرة من عنصر ما نفس الذبذبة فإنه ينشأ خط إمتصاص . وبعودة الإليكترون من تلقاء نفسه بعد فترة قصيرة إلى مستوى طاقة أقل يتم إشعاع فرق الطاقة . أى ينشأ خط إنبعاث طيفى . ويمكن أيضا حساب ذبذبة خط الانبعاث بالعلاقة $\frac{\Delta E}{h} = \nu$. وبطريقة عكسية يمكن الحكم على مستويات الطاقة فى الذرات من خلال أرصاد الخطوط الطيفية . ويوجد رسم توضيحى للإنتقالات الممكنة فى ذرة الهيدروجين تحت لفظ ⟵ الطيف .

ليست جميع الانتقالات بين مستويات الطاقة الموجودة فى الذره مسموح بها ، وإنما توجد قواعد للإختيار يمكن تبعا لها أن يكون الإنتقال من مستوى طاقة معين إلى آخر ممنوعا . فإذا ما كانت الإنتقالات من إحدى مستويات الطاقة غير العالية إلى مستوى الخمود ممنوعة فإن مستوى الطاقة هذا يسمى شبه مستقر وبنظرة ادق نجد أن الإنتقالات من مستويات الطاقة شبه المستقرة ليست مستحيلة ولكنها تحدث فقط بإحتمالات أصغر بكثير من الإنتقالات المسموحة . وبمعنى آخر فإن وقت الإنتظار الذى يقضيه إليكترون فى مستوى طاقة شبه مستقر قبل أن يتركه فى عملية إنبعاث ذاتية إلى مستوى الخمود ، طويل جدا نسبيا . وهذا الوقت الذى يسمى عمر المستوى فى المستويات العادية من الرتبة 10^{-8}ث بينما يبلغ فى المستويات شبه المستقرة ١ث أو أكثر يمكن أن ينتقل خلالها الإليكترون بواسطة الإصطدام أو إمتصاص الضوء إلى مستوى طاقة آخر يسمح بالانتقال إلى مستوى الخمود . أما إذا حدث وكان عدد الصدمات والإمتصاصات فى الثانية الواحدة صغير جدا كما فى ⟵ مادة ما بين النجوم فإن الاليكترون يجتاز هذا الوقت الطويل وهو فى المستوى شبه المستقر وينتقل بعده إلى مستوى الخمود مشعا بذلك الخطوط الطيفية الممنوعة . وإذا ما إنتقل إليكترون إلى مستوى عال جدا من الطاقة فليس من الضرورى أن ينتقل مباشرة إلى مستوى الخمود بل من الممكن أن يقطع الطريق فى إنتقالات كثيرة مارا بالمستويات البينيه ويشع بذلك كثيرا من الخطوط الطيفية تختلف فى ذبذبتها عن ما إمتصه من ضوء . تسمى هذه الظاهرة **بالتزهر** . فى جميع ما ذكر من حالات يظل الإليكترون مرتبطا بالذره ولذلك فإن إنتقالاته تسمى بالانتقالات المقيدة ــ مقيده .

إذا ما إزدادت الطاقة التى يحصل عليها الاليكترون من الضوء ، على سبيل المثال عن حد معين ، ينفصل الإليكترون كلية عن الذره تاركا الجزء الباق منها بفائض شحنة موجبه فيطلق عليه إسم **أيون** وتسمى عملية الإنفصال نفسها ⟵ **بالتأين** ، كما يسمى أقل قدر من الطاقة يؤدى إلى التأين بطاقة التأين . وما زاد من الطاقة عن طاقة التأين يكتسبه الإليكترون كطاقة حركة . ولما كانت طاقة الحركة تأخذ قيما إختيارية ، أى ليست مثل مستويات الطاقة المحددة فى الذرة فإنه من الممكن فى عملية التأين إمتصاص كم ضوئى طاقته وبالتالى ذبذبته إختيارية . وفى كثير من عمليات التأين يتم إمتصاص حيز كبير نسبيا من الطيف محدد من ناحية الموجات الطيفية الطويلة ، إذ لابد أن يحتوى الكم

الضوئى الممتص على الحد الأدنى من الطاقة اللازم لعملية التأين . فى عملية **الإتحاد** يقوم الأيون بإمتصاص إليكترون حر من الخارج وبذلك يشع الإليكترون طاقة تأينه وكذلك طاقة حركته .وكلامن التأين والإتحاد هما عبارة عن عمليتى إنتقال يكون الاليكترون فى الأولى حرا وفى الثانية مرتبطا بالذرة. ومن هنا فإنهما تسميان بعملية الإنتقال المقيده ـ الحره .

يمكن أيضا أن تتأين الذرات عديدة الاليكترونات أكثر من مره ، بل ومن الممكن أيضا أن تنفصل عنها جميع إليكتروناتها . وفى هذه الحالة تكون الذره متأينه كلية . .

هناك نوع آخر من التأين يحدث فى حالة إلتصاق إليكترون بذره متعادلة فتصبح أيونا سالبا (آنيون) . فمثلا يعطى إرتباط إليكترون ثانى بذره الهيدروجين المتعادلة أيون الهيدروجين السالب ، الذى يمكنه عن طريق إمتصاص جزء كبير من الطيف العوده إلى تعادله بعد أن ينفصل عنه الإليكترون . ويلعب إمتصاص الضوء بواسطة أيون الهيدروجين السالب دورا كبيرا فى أجواء النجوم .

من الممكن أيضا أن تتغير طاقة حركة إليكترون متحرك فى مجال مغناطيسى بدون حدوث إلتحام . ويمتص الإليكترون الفرق بين طاقته قبل وبعد التغير أو يشعها على حسب ما إذاكان ذلك فيه زيادة لطاقته أو إنقاصا لها . تعرف هذه العملية بالإنتقالات الحره ـ حره ؛ وتتسبب فى إنتاج طيف مستمر ، لأن الإليكترون فى حالته الحره يمكنه أخذ قيم إختياريه من الطاقة ، أى يمتص أو يشع ضوءا له ذبذبات إختيارية .

التركيب الكيماوى

chemical composition
composition chimique *(sf)*
chemische Zusammensetzung *(sf)*

← شيوع العناصر .

الترنح

nutation
nutation *(sf)*
Nutation *(sf)*

هو التذبذب قصير الدوره فى ← المبادرة بالسبق .

ترنح إتجاه الضوء

scintillation
scintillation *(sf)*
Szintillation *(sf)*

هو تعبير عن عدم إستقرار الهواء ؛ ← التالق .

ترنح القطب

mouvement of the pole
mouvement du pôle *(sm)*
Polschwankung *(sf)*

← إرتفاع القطب .

التروبوسفير

troposphere
troposphére *(sf)*
Troposphäre *(sf)*

هو الطبقة السفلى من ← الغلاف الجوى الأرضى ويحده من أعلى **التروبوبوز** **والتروبوسفير** محل العمليات الجوية .

التروبانات

trojans, troyan group
groupe troyen *(sm)*, **planêtes troyennes** *(pf)*
Trojaner *(pm)*

هى مجموعة من الكويكبات تتحرك بالقرب من نقطتى التحرر L_4 ، L_5 بين الشمس والمشترى ، الأمر الذى يمثل حالة خاصة من ← مسألة الثلاثة أجسام . ويتفق زمن دوران هذه الكويكبات ونصف القطر الأكبر لمدارها تقريبا مع مثيلها للمشترى ، بحيث يظهر ذلك فى شيوع أنصاف محاور الكويكبات عند الموقع التناسبى ١ : ١ (الشكل ← الكويكبات) . تم حتى الآن إكتشاف ١٥ من التروبانات ، كان أولها فى عام ١٩٠٦ ، حيث إكتشفه «وولف» . وقد سميت كل هذه الكويكبات بأسماء أبطال من الحرب الطروادية ؛

فبجوار L_4 يوجد أشيلز ، وهيكتور ، ونستور ، وأجا ممنون ، وأوديسيوس ، وأياكس ، ومنيلاوس ، وديميدس . وتلامون . وبجوار L_5 يوجد كل من باتروكلوس ، وبرياموس ، وإينياس ، وأنشيزس ، وترووالوس ، وأنتيلوخوس .

تريتون

Triton

أحد ←——— توابع نبتون .

التزيح

parallax
parallaxe *(sf)*
Parallaxe *(sf)*

تماما مثل ←——— إختلاف المنظر .

تساوى الليل والنهار

equinox
équinoxe *(sm)*
Tagundnachtsgleiche *(sf)*

تماما مثل ←——— الإعتدالين .

التسديس

sexangulation
sixangulation *(sf)*
Sextilschein *(sm)*

←——— الأوضاع النسبيه للشمس والأرض والكواكب .

تسمية النجوم

designation of stars
désignation des étoiles *(sf)*
Benenung von Sternen *(sf)*

←——— اسماء النجوم .

تشتت الضوء

light scattering
diffusion de la lumière *(sf)*
Lichtstreuung *(sf)*

هو تغير مسار الضوء بواسطة جسيمات صغيرة . وتشتت رايلى هو أبسط الأنواع فى معالجته . وهو التشتت على جسيمات صغيرة بالنسبة لطول الموجه الضوئية . يزداد هذا التشتت فى الشدة كلما صغر طول الموجة λ (يتناسب معامل التشتت مع λ^{-4}) ومثال تشتت رايلى هو تشتت ضوء الشمس على جزيئات غلاف الأرض الجوى . ولما كان ضوء الشمس قصير الموجة يتشتت بقوة أكبر فإن السماء تبدو زرقاء . أما الضوء الأحمر طويل الموجة فيصلنا على النقيض من ذلك بدون عائق وبالقرب من الأفق ، وهناك حيث يمر الضوء خلال كتل هوائية كبيرة ، تبدو الشمس محمرة ، لأننا حينذاك ـ وإلى حد ما ـ نرى فقط الشعاع الأحمر الذى ينفذ بدون تشتت خلال الغلاف الجوى .

ويبدو تشتت الضوء بواسطة الجسيمات الأكبر أكثر تعقيدا فى معالجته . وهنا يختلف تماما إعتماد قوة التشتت على طول الموجة .

من الممكن أيضا أن يتشتت الضوء على الإليكترونات الحره .

التشييد

mounting, mount
monture *(sf)*
Montierung *(sf)*, **Aufstellung** *(sf)*

هو نظام إقامة ←——— منظار .

تشييد الأجهزة

mounting of the instruments
monture des instruments *(sf)*
Aufstellung der Instrumente *(sf)*

المناظير و ←——— المنظار و ←———
الأجهزة و ←——— آلة القياس الزاويه .

التشييد الركبى

knee mounting
montage de genou *(sm)*
Kniemontierung *(sf)*

إحدى طرق تشييد المناظير (←——— المنظار) .

التصحيح الحرارى أو البولومترى

bolometric correction
correction bolométrique *(sf)*
bolometrische Korrektion *(sf)*

هو عباره عن الفرق بين ←——— اللمعان البولومترى واللمعان البصرى .

التصنيف

Durchmusterung *(sf)*

← مصنف .

تصنيف بون

Bonner Durchmusterung, B. D *(sf)*

← مصنف نجومى

تصنيف كردوبة

Cordoba Durchmusterung *(sf)*

← مصنف نجومى .

التصوير

astrography
astrographie *(sf)*
Astrographie *(sf)*

← الفوتوغرافيا .

التصوير الفوتوغراف

photography
photographie *(sf)*
Photographie *(sf)*

← الفوتوغرافيا .

تطور النجوم

stellar evolution
évolution des étoiles *(sf)*
Sternentwicklung *(sf)*

هو التغيير الذى يحدث للنجوم مع الزمن وبصورة غير دورية . والنجوم عموما عبارة عن تركيبات مستقرة (← التركيب الداخلى للنجوم) تتغير فقط فى غضون فترات زمنية تقاس ببلايين السنين . من هنا فإن التغيير المصاحب لنجوم ما ، مثلا فى نصف القطر أو قوة الإشعاع لا يمكن تتبعه مباشرة بالقياس . إلا أن التغيير يمكن تحديده كنتيجة للتفكير والحساب النظرى . ـ وحتى المتغيرات النابضة ثابتة نسبيا . أما التغيير الدورى السريع الذى نشاهده فى اللمعان فيأتى من تارجح النجم حول حالة تعادل ؛ وهذا التعادل المتوسط يتغير فقط ببطىء شديد . وعلى عكس ذلك فإن نجوم النوفا تمثل شذوذا . ومثال ذلك السوبرنوفا التى تفقد أثناء إنفجار لمعانى قصير جزءا كبيرا من كتلتها .

إن النجوم التى يمكن رؤيتها هذه الأيام لم تنشأ كلها فى نفس الوقت . ومن هنا فإن منها نجوما مختلفة العمر ، أى نجوما فى مراحل مختلفة من تطورها . ويعلل هذا جزئيا الأنواع العديدة من النجوم . أما قيمة عمر النجم أو النوع النجمى فهذا ما لا نعرفه . تتمثل مهمة نظرية تطور النجوم فى إيضاح أى الأنواع النجومية تطور من الآخر . أى أنه لابد لنا أن نستنتج التتابع الزمنى من التنوع . لهذا الغرض يجرى حل معادلات ← التركيب الداخلى للنجوم أولا كحالة إبتدائية معقولة . وبهذا فإننا لا نحصل فقط على معلومات عن التركيب الداخلى للنجم وإنما أيضا عن إتجاه تغير هذه الحالة فى فترة زمنية قصيرة . ويعطى ذلك إمكانية لتحديد تركيب النجم فى وقت لاحق . بعد ذلك يتخذ هذا كنقطة بداية لفترة زمنية أخرى ، وهكذا . ولكل من هذه الأوقات الزمنية تعطى الحسابات ليس فقط توزيع كل من الكتلة ودرجات الحرارة والضغط داخل النجم وإنما أيضا مقادير قوة الإشعاع ودرجة الحرارة الفعالة للنجم . وهاتين البعدين يمكن رسمها فى ← شكل هرتز سبرنج ـ رسل (*HRD*) تماما مثلما نعمل فى حالة النجوم المرصودة . ومع تطور النجم المحسوب تتغير قيمتا قوته الإشعاعية ودرجة حرارته الفعالة ، ويعنى ذلك أن النقطة الممثلة للنجم تتحرك فى الشكل بمرور الزمن ، قاطعة بذلك مسافة فى تطور النجم . وبهذا فإننا نستطيع المقارنة عن قرب بالأرصاد : فعند وجود نقطتى نجمين فى *HRD* فإنه يمكن أن تكون هاتين النقطتين مرحلتى تطور مختلفين لنجم أولى واحد . وهذه النجوم الأولية (المتشابهة) يمكن أن تكون قد نشأت فى أوقات مختلفة ؛ أى أن النجمين المرصودين يمكن أن يكون لها حاليا عمرين مختلفين ، ومن الأشكال المحسوبة يمكن قراءة الاختلاف فى عمريهما .

يتضح من النظرية أن السبب الأساسى لمعظم التغييرات فى تركيب النجم يكمن فى إشعاع الطاقة الكبير . وتأتى هذه الطاقة من المخازن الكبرى جدا والمتجددة أيضا ، الموجوده فى داخل النجم . وعندما تنضب هذه المخازن فإن النجم إما أن يقتصد فى

إشعاعة أو يبحث عن مصدر طاقة اخر. وكلا الأمرين يتطلب تغيرا، أى أن النجم يتطور. وتختلف المخازن للطاقة أيضا فى حجمها، أى أنها تكفى لفترات زمنية مختلفة. من هنا فإن مراحل التطور المختلفة تستغرق أزمنة تختلف عن بعضها ويمكن تقديرها وتحديد المقياس الزمنى لكل مرحلة من التطور. ومما يلعب دورا كبيرا فى أثناء تطور النجم ما يحدث من تغير فى تركيبه الكيماوى وفى كتلته.

المقاييس الزمنية للتطور: المقياس الزمنى هو عبارة عن فترة زمنية مُميزة تقريبا لطول مرحلة معينة من التطور، مثلا لفترة إحتراق الهيدروجين، التى يظل النجم أثناءها قريبا من التتابع الرئيسى. وبتعبير آخر: فإن المقياس الزمنى عبارة عن فترة زمنية مميزة لطول الفترة الزمنية التى يتطلبها النجم لكى ينتقل من مرحلة تطور إلى أخرى. وتدل المقاييس الزمنية القصيرة على تطور سريع، بينما الطويلة على تطور بطىء. ويوجد لنجم ما ثلاثة أنواع من المقاييس الزمنية هى: المقاييس النووية، والحرارية أو الإنكماشية، والهيدروستاتيكية. وهذه المقاييس الزمنية تختلف من نجم إلى آخر وخصوصا عندما تختلف كتل النجوم.

(أ) يعطى المقياس الزمنى النووى تقريبا الفترة الزمنية التى ينفذ فيها ما بدأ من مخزون الطاقة النووية فى المنطقة المركزية للنجم. وتعملُ التفاعلات النووية المنتجة على تحويل نوع من النوى (الوقود) إلى أنواع أخرى؛ على سبيل المثال تحول الهيدروجين فى أثناء الإحتراق الهيدروجينى إلى هليوم. وبنفاذ كل الوقود الموجود تقف هذه المرحلة من التطور. وأهم وأطول مقياس زمنى لنجم ما هو إحتراق هيدروجينة المركزى، والذى يبقى أثناءه النجم فوق أو قريبا جدا من التتابع الرئيسى فى *HRD* يطول هذا المقياس الزمنى كلما إزدادت كمية المخزون الأولى من الوقود (الهيدروجين)، أى أن هذا المقياس فى النجوم كبيرة الكتلة أكبر منه للنجوم صغيرة الكتلة. إلا أن المقياس الزمنى يقل من ناحية أخرى مع ما يتم إستنفاذه كل ثانية من طاقة (أى مع الزيادة فى القوة الإشعاعية). وإذا ما إنتقلنا من النجوم صغيرة الكتلة إلى الأخرى كبيرة الكتلة نجد أن مخزون الوقود يزداد تماما مثل الكتلة أما قوة الإشعاع فتزداد أسرع بكثير وبالتحديد مثل الأس الثالث للكتلة (⟵ علاقة الكتلة وقوة الإشعاع). ومن هنا يقل فى النهاية المقياس الزمنى النووى بشدة ناحية الكتل الكبيرة للنجوم. وبالنسبة لنجم كتلته قدر كتلة الشمس يقدر المقياس الزمنى لإحتراق الهيدروجين ببضع بلايين السنين، أما بالنسبة لنجم كتلته قدر كتلة الشمس عشر مرات فإن هذا المقياس يبلغ ١٠ مليون سنة فقط. ويعتبر المقياس الزمنى لإحتراق الهيدروجين أكبر مقياس زمنى فى حياة نجم ما؛ أى أن النجم يبقى فى هذه المرحلة من التطور- قريبا من التتابع الرئيسى- لأطول فترة من حياته. من هنا فإن معظم النجوم توجد فى التتابع الرئيسى. (يتمشى هذا مع الحقيقة العامة: كلما صغر المقياس الزمنى، أى كلما إزدادت سرعة التطور، كلما قل عدد النجوم التى نقابلها فى حالة التطور قيد الفحص).

(ب) والمقياس الزمنى الحرارى والانكماشى لهما تقريبا نفس الطول الزمنى ويطلق عليهما معا مقياس كلفن- هلمولتز- الزمنى. وهما يعطيان تقريبا الفترة الزمنية التى يمكن أن يتغير فيها مخزون النجم من الطاقة الحرارية بدرجة كبيرة. وتلك عبارة عن الفترة الزمنية التى يمكن للنجم فيها أن ينكمش من سحابة غازية كبيرة إلى حجمه الذى نراه عليه الآن. ولتقدير هذا المقياس الزمنى فإنه من المهم مقارنة المخزون الحرارى بالفقد الإشعاعى لكل ثانية. ويبلغ هذا المقياس الزمنى- بالحساب غير الدقيق- لنجم ما فقط واحد فى المائة من مقياس زمنه النووى؛ وهو أيضا للنجوم كبيرة الكتلة أصغر منه للنجوم صغيرة الكتلة. وفى حالة نجم كتلته قدر كتلة الشمس يبلغ المقياس الزمنى الإنكماشى حوالى ٥٠ مليون سنة بينما يبلغ حوالى

١٠٠٠٠٠ سنة لنجم أكبر من ذلك عشر مرات. أى أن النجم يتطور بسرعة جدا فى أجزاء تطوره الذى يغطى فيها إشعاعها من طاقة الإنكماش (طاقة الجاذبية).

(ج) والمقياس الزمنى الهيدروستاتيكى هو أقصرها، ويعطى تقريبا الفترة الزمنية التى يحتاجها النجم حتى يعود ثانية من تغيير حادث فى ضغطه إلى وضع التوازن (الهيدروستاتيكى) (← التركيب الداخلى للنجوم)، أى يتأرجح حول وضع تعادله. ويمكن إعتبار المقياس الزمنى الهيدروستاتيكى على أنه الفترة الزمنية التى تحتاجها موجة صوتية لعبور النجم مرة واحده. يعتمد بذلك هذا المقياس الزمنى على كل من إمتداد النجم وسرعة الصوت، أى قبل كل شىء على درجة الحرارة السائدة فى الطبقات الخارجية الباردة من النجم. يقدر المقياس الزمنى الهيدروستاتيكى فى حالة العمالقة الحمر بحوالى من يوم واحد إلى ١٠٠ يوم، ويبلغ فى حالة الشمس حوالى ١/٤ ساعة وفى حالة الأقزام البيضاء حوالى دقيقة واحدة أو أقل. وهذا الزمن قصير جدا بالقياس بعمر النجم الكلى، ولذا لا نجد فيه فرصة لرصد النجوم أثناء تطورها نظرا لسرعة حدوث ذلك. إن هذا يدل على أن النجم يتأرجح بكثرة كمتغير حول وضع تعادل يتغير ببطئ، مثلا بمعدل التغير النووى.

يحدث تغيير فى التركيب الكيماوى للنجوم بواسطه التفاعلات النووية التى تؤدى إلى ← إنتاج طاقة النجوم. خلال هذه التفاعلات يتحول على سبيل المثال، الهيدروجين إلى هليوم (أثناء إحتراق الهيدروجين)، أو الهليوم إلى كربون (أثناء إحتراق الهليوم) — أو تتحول هذه العناصر فى التطور الذى يحدث بعد ذلك إلى عناصر أثقل. وحسب ما ذكر سابقا فإن التغيرات تحدث ببطئ شديد جدا وبالتحديد بالمقياس الزمنى النووى. ومن الفزياء النووية نستطيع معرفة عدد التفاعلات النووية التى يتم فى كثافة ودرجة حرارة معينه. بذلك فإننا نعرف أيضا الكمية التى تتحول فى الثانية الواحدة من عنصر إلى آخر. فإذا ما عرفنا لأنموذج نجمى توزيع درجة الحرارة والكثافة داخل النجم، فإنه يمكننا لكل مكان فى النجم حساب عدد ذرات الهيدروجين التى تتحول إلى هليوم، على سبيل المثال. وبناء على ذلك فإننا نغير التركيب الكيماوى للنجم بحيث يناظر نقطة زمنية متأخرة نوعا ما ثم نقوم بحساب أنموذج نجومى جديد لهذا التركيب الكيماوى الجديد وهكذا.

تبدأ التفاعلات النووية فى الحدوث فقط عند درجات حرارة عالية جدا. ومن هنا فإن التحول النووى يُفَضِّل الحدوث فى منطقة النجم المركزية، أى المكان الذى تكون فيه درجة الحرارة أعلى ما يمكن. فقط عند نفاذ كل الوقود الموجود تنتقل التفاعلات النووية إلى القشرة الكروية المحيطة بالمنطقة المركزية، أى هناك فى المكان الذى ما يزال يحتوى على وقود. ومن المهم بالنسبة للتطور اللاحق للنجم أن تبقى العناصر المتكونة حديثا فى مكانها أو تتوزع على مناطق كثيرة بفعل الحركة المادية. تحدث مثل هذه الحركات المادية فى المناطق التى تنتقل فيها الطاقة بالحمل (← التركيب الداخلى للنجوم).

وتحتوى مثلا نجوم التتابع الرئيسى كبيرة الكتلة، أثناء إحتراق الهيدروجين على منطقة مركزية تسود فيها تيارات الحمل. وتظل هذه المنطقة دائمة التقليب حتى ينفذ كل ما فيها من هيدروجين. أما نجوم التتابع الرئيسى صغيرة الكتلة فلها على النقيض من ذلك منطقة خارجية تسود فيها تيارات الحمل. ولا يحدث فيها تفاعلات نووية بسبب إنخفاض درجة الحراره. وتبدأ منطقة تيارات الحمل هذه فى إحتواء الأجزاء الداخلية العميقة أيضا من النجم والتى تحول كل الهيدروجين فيها إلى هليوم. ثم بعد ذلك يتوزع هذا الهيوم على كل منطقة تيارات الحمل. ولو كان النجم يدور بسرعة كافية فإنه من الممكن حدوث مجموعات من تيارات كبيرة الحجم. وهذه لا تعتبر مناطق مختلفة فى تركيبها الكيماوى. أى لا تؤدى إلى خلط مؤثر.

ومن المحتمل حدوث خلط فعال بعد ذلك ، عندما تدور المنطقة المركزية أسرع بكثير ما حولها .

مقارنة النظرية بالأرصاد : حتى يتم إختبار صحة النتائج النظرية ، فلابد من مقارنتها بالأرصاد . وفى هذا الشأن توجد هناك صعوبة تأتى من الإختلاف التام فى أعمار النجوم المرصودة . ولذلك فإنه من عظيم الفائدة أن نعرف مجموعة من النجوم لها نفس العمر - حتى ولو لم يكن هذا العمر نفسه معروفا . ومثل هذه النجوم متساوية العمر هى الحشود النجومية ، التى نشأت أفرادها فى نفس الوقت من سحابة غازية ومن هنا فقد كان لها أولا نفس التركيب الكيماوى . وعلى ذلك فإن أفراد الحشد تختلف فقط فى كتلها . وإذا ما حسبنا النماذج النجومية لنفس التركيب الكيماوى الأولى ولكن لكتل مختلفة ، فإن هذه النماذج لابد أن تعكس صورة كل نجوم الحشد المرصودة بعد وقت تطور معين (يساوى عمر الحشد) . وللأنواع المختلفة من الحشود النجومية أنواع مختلفة ومميزة من شكل هرتز سبرنج - رسل . ومن هنا ندرس ما إذا كان النموذج المحسوب للنجم والذى وقعنا كل من درجة حرارته الفعالة وقوته الإشعاعية بالمثل فى HRD يمكنه تفسير لأشكال المناظرة للحشد النجم المرصود . إن المزدوجات المتلاصقة تمدنا بإمكانية أخرى للمقارنة ، حيث أن هذا الزوج من النجوم قد نشأ فى نفس الوقت ، أى أن عمريهما واحد ، بحيث تعطيان نفس الميزه مثل الحشد النجمى . بالإضافة إلى ذلك فإنه من الممكن فى حالة المزدوجات النجومية معرفة كتلة كل نجم وذلك من حركة النجمين .

إن حسابات التطور تعطى نتائج مختلفة تماما بالنسبة لمراحل التطور المختلفة لنجم ما (على سبيل المثال بالنسبة للإنكماش الأولى أو مرحلة إحتراق الهيدروجين المركزى) ، وكذلك بالنسبة للكتل المختلفة . وحاليا فإننا نعرف تطور حالة التتابع الرئيسى جيدا وكذلك تطور النجوم كبيرة لكتلة (أكبر من ضعف كتلة الشمس) فى أثناء احتراق كل من الهيدروجين والهليوم ، أما تطور النجوم صغيرة لكتلة فنعرفه فقط حتى بداية إحتراق الهليوم . وسوف نصف أمثلة لذلك فى الفقرات التالية . يؤثر الإختلاف الأولى للتركيب الكيماوى فى تفاصيل تطور النجوم وإن كان تأثيره بسط امن تأثير لإختلاف فى الكتل .

التطور فى حالة التتابع الرئيسى : تنشأ النجوم بالإنكماش من السحابات المادية فيما بين النجوم (← كسموجونى) . ويبدأ هذا الإنكماش ، عندما تكون السحابة كثيفة لدرجة تجعل الجاذبية المتبادلة لجسيماتها تتغلب على القوى التى تحاول تفريق السحابة عن بعضها . وفى أثناء الإنكماش يمكن بوضوح التفريق بين فترتين : إحداهما قبل والأخرى بعد الوصول إلى حالة التعادل الميكانيكى .

تسقط المادة أولا فى إتجاه المركز ، بينما لا يزال النجم لم يصل إلى مرحلة التعادل الميكانيكى (← التركيب الداخلى للنجوم) . هذا الجزء من التطور صعب فى حسابه ومن هنا فلا توجد له إلا نتائج قليلة . ونظرا لعدم وجود تعادل ميكانيكى فإن الإنكماش يحدث بسرعة جدا . ولهذا السبب لا نجد أجساما مرصودة ، تدل بدرجة لا تقبل الشك على هذا الجزء من التطور . ولابد أن يكون النجم أولا واسع الإمتداد وضعيفا فى قوة إشعاعه جدا . وفى أثناء الإنكماش يقل هذا الإمتداد وتزداد قوة الإشعاع فيتحرك لذلك النجم فى HRD من أقصى اليمين أسفل إلى أعلى ناحية اليسار ، حتى يصل إلى خط هاياشى (← التركيب الداخلى للنجوم) . وفى أثناء ذلك التطور يعبر النجم بسرعة هذا الجزء من الشكل ، المحرم على النجوم الموجودة فى حالة تعادل ميكانيكى .

تصبح الحسابات أبسط من ذلك بكثير نذ اللحظة التى يدخل فيها النجم حالة التعادل الميكانيكى . ففى هذا الوقت يوجد النجم تماما فوق خط - هاياشى وعند قوى الإشعاع العالية . وككل النجوم على هذا الخط فإن النجم يسوده من مركزه إلى

سطحه تيارات الحمل ، ويستمد إشعاع طاقته العالى عن طريق الإنكماش ، الذى يعمل على تحرير طاقة الوضع . يتم إشعاع جزء من هذه الطاقة والجزء الآخر يتحول إلى طاقة حرارية ، تعمل على تسخين داخل النجم . فى أثناء هذا الإنكماش يتحرك النجم فى HRD فوق خط ــ هاياشى إلى أسفل مقللا من نصف قطره وقوته الإشعاعية . يبدأ هذا التطور سريعا ، إلا أنه يبطىء تدريجيا كلما إنخفضت قوة إشعاعه (أى انخفاض إستهلاك طاقته) . وعندما تنخفض قوة إشعاعه بدرجة كافية ، فإن النجم يتوقف عن أن تسوده تيارات الحمل ويبدأ من المركز فى بناء منطقة متزايدة لا تنتقل فيها الطاقة بفعل تيارات الحمل وإنما بواسطة الإشعاع . بذلك يترك النجم أيضا خط ــ هاياشى (الذى توجد فوقه فقط النجوم التى تسودها كلية تيارات الحمل) ويتحول فى HRD إلى ناحية اليسار فى إتجاه التتابع الرئيسى . يصل النجم إلى هذا التتابع عندما تكون درجة حرارة منطقته المركزية قد إرتفعت بفعل الإنكماش بدرجة تسمح ببداية التفاعلات النووية المنتجة للطاقة ، وبذلك تنتهى فترة الانكماش الأولى وتستمر هذه الفترة لمدة تطول كلما صغرت كتلة النجم (أنظر أعلاه) أى أن النجوم كبيرة الكتلة تصل إلى التتابع الرئيسى مبكرا قبل قبل النجوم صغيرة الكتلة هذا ويفسر شكل هرتز سبرنج ــ رسل لبعض الحشود النجومية حديثة العمر جدا : ففى هذه الحشود نجد أن التتابع الرئيسى ممتلىء فقط فى جزءه الأعلى ، أى عند الكتل الكبيرة للنجوم ، بينما عند قوى الإشعاع المنخفضة ، أى الكتل الصغيرة ، مازال النجوم توجد ناحية اليمين أعلى من التتابع الرئيسى وفى حالة الإنكماش

إحتراق الهيدروجين والهليوم فى حالة النجوم كبيرة الكتلة : نرى مثالا لذلك فى التطور المحسوب لنجم كتلته قدر كتلة الشمس خمس مرات عندما يبدأ التفاعل النووى للهيدروجين فى المنطقة المركزية فإن النجم يفتتح بذلك منبعا كبيرا للطاقة يمكنه أن يعطى إشعاعه لأطوال فترة من وجوده . فبعد مرحلة إنكماش أولى يخلد النجم إلى الإستقرار ويتطور بعد ذلك فقط بمنتهى البطىء ، وبالتحديد بالقياس الزمنى النووى . فى البداية يكون للنجم فى كل مكان نفس التركيب الكيماوى ، أى أنه متجانس ، إذ أن التفاعلات النووية لم تُتح لها بعد طويلاً من الوقت لتحويل الهيدروجين إلى هليوم . فى هذا الوقت يوجد النجم فى HRD فوق التتابع الرئيسى ، وبطريقة أدق فى التعبير عند العمر ــ صفر على التتابع الرئيسى . وغالباً ما نحصى عمر النجم منذ بداية إحتراق الهيدروجين ، حيث أن الوقت القصير الذى قضاه النجم فى الإنكماش لا يؤثر نسبياً فى عمره . ويكون التتابع الرئيسى ذو العمر ــ صفر الحد الأسفل من حزام التتابع الرئيسى العريض بعض الشىء . فى هذه الحالة يبلغ إمتداد النجم حوالى ٢٫٧ قدر نصف قطر الشمس وله ٦٠٠ مرة قدر قوة إشعاعها ، كما تبلغ درجة حرارته الفعالة ١٧٦٠٠° درجة ، وهو بذلك نجم تتابع رئيسى من النوع الطيفى B5 ويحدث فى هذا النجم إنتاج الطاقة بالجوار المباشر للمركز ، وهو المكان الذى تكون فيه درجة الحرارة (حوالى ٢٦ مليون درجة) والكثافة (حوالى ٢٠ جم سم^{3}) على أعلى قيمة لها وهنا تحول التفاعلات النووية بإستمرار الهيدروجين إلى هليوم . وهذا الهليوم حديث التكوين يتم توزيعه بصورة دائمة وبإنتظام داخل ٢٠٪ من كتلة النجم حول مركزه ، لأن الطاقة تنتقل هناك بواسطة تيارات الحمل . فى المنطقة المركزية التى تسودها تيارات الحمل ، والتى تصغر بإستمرار مع الزمن وتزداد كمية الهليوم بإستمرار ويقل دائما محتوى الهيدروجين . ويعتبر هذا هو السبب فيما يبدأ الآن من تطور .

بينما يُستهلك الهيدروجين فى المنطقة المركزية ، يتحرك النجم فى HRD ببطىء ناحية اليسار وإلى أعلى بعض الشىء . أى أن النجم يُزيد بذلك من قوته الإشعاعية بعض الشىء ويتغلب النجم على النقص فى الوقود بالنسبة للتفاعلات النووية بأن يدع منطقته المركزية تنكمش بسيطا ؛ وبذلك تسير التفاعلات

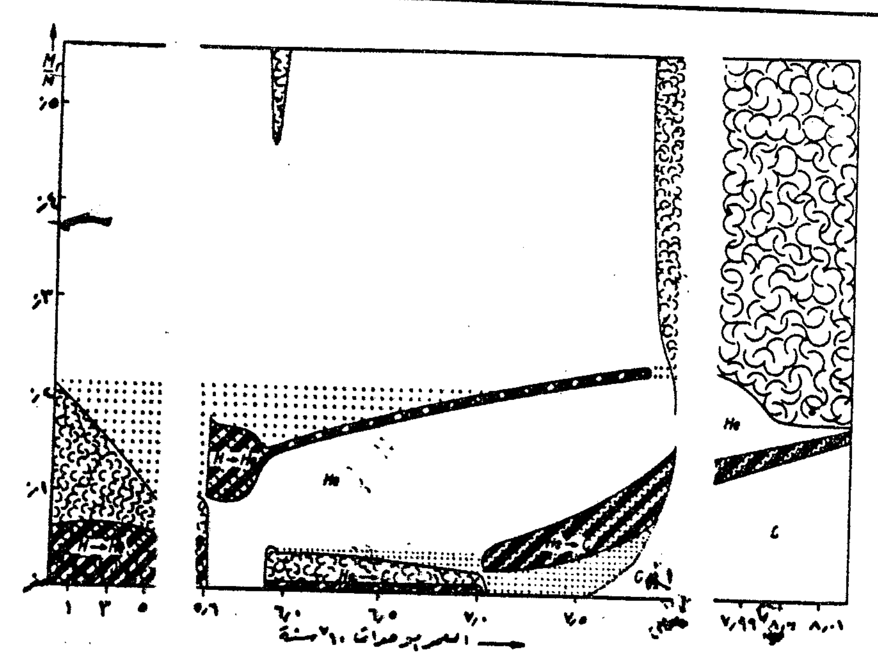
النووية أسرع. وعندما لا يتبقى إلا بعض أجزاء فى المائة من الهيدروجين فى المنطقة المركزية، يبدأ النجم ككل فى الإنكماش الخفيف. ويتحرك النجم بذلك فى شكل هرتز سبرنج ـ رسل بعض الشيء ناحية اليسار وإلى أعلى. ثم يخمد إحتراق الهيدروجين كلية فى المنطقة المركزية بعد أن ينفذ الهيدروجين كله هناك. يحدث ذلك لنجم كتلته خمس مرات مثل الشمس بعد ٥٦ مليون سنة، وبذلك تنتهى حالة التتابع الرئيسى للنجم. فى أثناء كل هذا الوقت يوجد النجم دائما فى الشريط من HRD، الذى نشاهد فيه نجوم التتابع الرئيسى.

يتبع ذلك فترة تطور جديلة، وبالتحديد مرحلة إنكماش النواه وتمدد الغلاف. فى هذا الوقت يتكون النجم من منطقة هليوم مركزية محاطة بغلاف هيدروجين لم يستهلك بعد. تحدث بعد ذلك تفاعلات إحتراق الهيدروجين النووية فى طبقة تغلف منطقة الهليوم ومن هذه الطبقة يستمد النجم قوته الإشعاعية. وحتى الآن لا يمكن لنوى الهليوم التفاعل مع بعضها، لأن درجة الحرارة ماتزال منخفضة عما يلزم لهذا الغرض. وحيث أن المنطقة المركزية تنكمش، فإن درجة الحرارة والكثافة يرتفعان مع الزمن. ويظل ذلك ساريا حتى يبدأ الإحتراق المركزى للهليوم. فى أثناء إنكماش المنطقة المركزية يتمدد الغلاف الخارجى للنجم كله بشده ويصبح النجم عملاقا. وحيث أن قوة الاشعاع لم تتغير كثيرا فإن ذلك يقتضى إنخفاض درجة حرارة السطح بشدة، وذلك حتى يُشع كل سم٢ من مساحة السطح المتزايدة طاقة أقل. وفى شكل هرتز سبرنج ـ رسل يسير النجم فى طريق تطوره بعيدا ناحية اليمين فى منطقة العمالقة الحمراء. وهذه الحركة سريعة جدا نسبيا، إذا قارناها بالتطور السابق، فهى تستغرق ٣ مليون سنة. ويبدو ذلك مفهوما لأنها تُقاد بواسطة الإنكماش المركزى والذى له مقياس زمنى إنكماشى قصير نسبيا هذا التطور السريع خلال أجزاء متباعدة من HRD يشرح أيضا، لماذا لا نجد من الوجهة العملية آية نجوم بين التتابع الرئيسى ومنطقة العمالقة الحمراء.

. ببداية الإحتراق المركزى للهليوم يبدأ النجم إنتاج طاقته من منبع جديد فيستمر بذلك لفترة من الزمن فى منطقة العمالقة الحمراء من HRD. وحقيقة فإننا نشاهد فى هذا المكان عديدا من النجوم، وإن كانت أقل بكثير مما يوجد على التتابع الرئيسى، وهذا راجع إلى أن إحتراق الهليوم يستغرق وقتا أقصر بكثير مما يستغرقه الإحتراق المركزى للهيدروجين؛ ويرجع هذا بدوره قبل كل شيء إلى أنه يتحرر لكل جرام إستهلاك من الهليوم فقط عُشر ما يتحرر من جرام الهيدروجين من طاقة. إلا أن قوة إشعاع النجم لا تأتى كلها من إحتراق الهليوم، فحوله يوجد منبع قشرى يحترق فيه الهيدروجين.

أثناء الإحتراق المركزى للهليوم يتجول النجم على لولب أو لولبين مختلفى الأحجام (حسب كتلة النجم وتركيبه الكماوى) فى منطقة العمالقة من HRD ناحية اليمين واليسار. وفى أثناء ذلك فإن النجم يعبر عدة مرات الشريط الضيق العمودى تقريبا فى شكل هرتز سبرنج ـ رسل، والذى يوجد به ← نجوم دلتا قيفاوى. وقد إتضح أيضا أن النموذج المحسوب للنجم غير مستقر، عندما يوجد فى الشريط القيفاوى من HRD، حيث يتأرجح حول وضع تعادل متوسط بدورة طولها من يوم واحد إلى عشرة أيام (تبعا لقوة الإشعاع). هذه التذبذبات تعمل على التغير الدورى لقوة الإشعاع. ومثل هذا النموذج النتجمى يساوى بذلك تماما متغيرا من نوع دلتا قيفاوى.

وعندما يكون كل الهليوم فى المنطقة المركزية قد تحول بواسطة التفاعلات النووية إلى كربون وأكسجين ـ فى حالة نجم كتلته قدر كتلة الشمس خمس مرات ينشأ هذين العنصرين بجزأين متساويين ـ يكف الهليوم عن الإحتراق فى المركز ويستمر ساريا فى ينبوع قشرى يغلف منطقة الكربون



(١) التغيير الزمنى داخل نجم كتلته ٥ مرات مثل الشمس وقد رسمت الكتلة النسبية M_r مقابل عمر النجم بوحدات ١٠ مليون نسمة منذ بلوغه خط التابع الرئيسى . (M_r هى الكتلة التى تحتويها كرة نصف قطرها r حول مركز النجم البالغ كتلته الكلية M) . وتلك الأماكن المموجة على سيادة تيارات الحمل ، والمناطق المشرطة هى التى تزيد فيها إنتاجية عن ١٠٠٠إرج جم . بينما المناطق المنقطة هى التى يقل فيها كل من الهيدروجين والهليوم إلى الداخل

والأكسجين . وينكمش النطاق المركزى مع التسخين ، حتى ــ فى حالة النجوم الأكبر كتلة من ذلك بعض الشىء ــ ترتفع درجة الحرارة بدرجة كافية للتفاعل النووى القادم ، أى إحتراق الكربون . فى أثناء هذا الإنكماش يتمدد الغلاف الخارجى للنجم بشدة وبسرعة . ويتجول النجم فى HRD مع إرتفاع حاد فى قوة الإشعاع موازيا وقريبا من خط ــ هاياشى . وهنا نفقد المعرفة الدقيقة بتطور مثل هذه النجوم ، لأنه لم يمكن حتى الآن إجراء حسابات لهذه المرحلة من التطور .

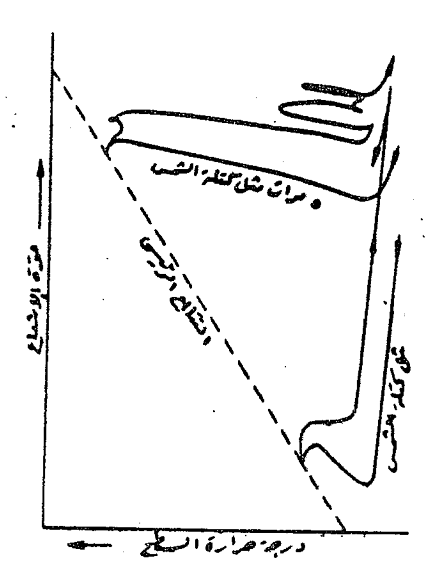
التطور اللاحق للنجوم الأكبر كتلة : مما وصفنا حتى الآن يمكن إستنتاج كيفية تطور النجوم كبيرة الكتلة بعد ذلك . فبمنتهى البساطة يمكن وصف أساس ما حدث من تطور حتى الآن وما يعقب ذلك كالآتى : فترات تطور بطيئة (مقياس زمنى نووى) لإشعال نووى مركزى يتبادل مع فترات تطور سريعة (مقياس إنكماشى) تنكمش فيها المناطق المركزية أى، أننا وجدنا المسار التالى للمنطقة المركزية من النجم : بداية تفاعل نووى ــ نفاذ الوقود ووقوف التفاعل النووى ــ إنكماش وتسخين ــ بداية التفاعل النووى التالى ــ وهكذا . وفى كل تفاعل نووى جديد تنشأ عناصر كيماوية أثقل مما قبله . وعندما ينتهى إحتراق ما ، لنفاذ نوع النوى المتفاعل (أى، الوقود) يستمر هذا الإحتراق عموما فى قشرة حول المنطقة المركزية . ويمكن أن يوجد عديد من المنابع القشرية ذوات إحتراقات مختلفة فى نفس الوقت وفى نفس النجم مبتلعة ببطىء المادة النجمية فى إتجاه الخارج . ويسير ذلك فقط حتى يتكون الحديد فى المنطقة المركزية ، وذلك لأن تكوين عنصر اثقل لايحرر طاقة وإنما يستهلكها . ويمكن أن يكون لهذه الظاهرة نتائج طامية بالنسبة للنجم ، إذ يمكن أن تنكمش المنطقة المركزية بشدة بالغة وعند سقوط ما فوقها من أجزاء ينفجر النجم . وقد حاول البعض دراسة ذلك كسبب فى ظاهرة السوبر نوفا .

إن النظام البسيط «إحتراق نووى – إنكماش – الإحتراق التالى» يعمل فقط عندما يكفى الإنكماش البينى لتسخين المنطقة المركزية حتى يمكن للإحتراق التالى أن يبدأ (فى كل إحتراق تنشأ نوى ذرات . لها شحنة كهربية أعلى من الموجودة سابقا . الشئ الذى يتطلب طاقة أعلى للتفاعل اللاحق أى درجات حرارة أعلى) . يظل الإنكماش يؤدى إلى إرتفاع فى درجة الحراره طالما أن مادة النجم لا تزال غير كثيفة جدا ، وإلا فإن المادة تحيد عن الغاز المثالى ولا يؤدى الإنكماش بعد ذلك إلى تسخين أكثر . الأمر الذى لا يمكن معه للإحتراق التالى أن يبدأ . ومن الناحية العملية فإن المنطقة المركزية المنكمشة لابد لها من كتلة معينة على الأقل حتى تبلغ درجة حرارة إحتراق معين . وهذه الكتل الصغرى تبلغ ١ر٠ قدر كتلة الشمس لإحتراق الهيدروجين ، و $\frac{1}{3}$ كتلة الشمس لإحتراق الهليوم ثم ٩ر٠ قدر كتلة الشمس لإحتراق الكربون وذلك بتقديرات تقريبية . ولهذا فإن النجوم كبيرة الكتلة يمكنها توفير كتلة أكبر فى المنطقة المركزية وبالتالى السير فى هذا النظام شوطا أبعد من النجوم صغيرة الكتلة . وهناك صعوبة أخرى تأتى من أنه فى حالات التطور اللاحقة وفى المنطقة المركزية تنشأ أعداد كثيرة من النيوترينوز ، تستمد طاقتها من الطاقة الحرارية ، سالبة إياها من النجم ، فتبرد المنطقة المركزية .

إن الكثير من النجوم ينهى مشوار عمره كأقزام بيضاء . وهذا ممكن فقط عندما تفقد هذه النجوم قبل ذلك جزءا كبيرا من كتلتها الأصلية . مثل هذا التطور الذى يؤدى تحت تأثير فقد الكتلة إلى حالة الأقزام البيضاء ، أمكن حسابه حتى الآن فى حالة المزدوجات المتلاصقة (إنظر بعده) .

إحتراق الهيدروجين وبداية إحتراق الهليوم فى النجوم صغيرة الكتلة : تنتمى إلى النجوم صغيرة الكتلة كل النجوم التى تقل كتلتها عن ٥ر١ مره قدر كتلة الشمس . وكمثال لذلك نناقش تطور نجم كتلته ٣ر١ قدر كتلة الشمس . يخلد النجم عند العمر صفر فوق التتابع الرئيسى إلى الهدوء وذلك عندما يبدأ إحتراق الهيدروجين فى منطقته المركزية . ويتطور النجم بطيئا (بالمقياس الزمنى النووى) عن طريق إستنفاذ التفاعلات النووية التدريجى للهيدروجين فى المنطقة المركزية . ويتطلب النجم فى ذلك وقتا أطول مما يتطلبه نجم كتلته خمس مرات مثل كتلة الشمس ، لأن إشعاع الطاقة من النجم الأصغر كتلة . وبالتالى إستهلاكه للوقود فى كل ثانية أقل بكثير . تقدر قوة النجم الإشعاعية فى البداية بحوالى ٩ر١ قدر قوة إشعاع الشمس . ويحتاج هذا النجم لإستهلاك هيدروجين منطقته المركزية حوالى ٥ر٦ بليون سنه وفى ذلك يتضح إختلافا آخر عن النجوم ذات الكتل الكبيرة : فالنجم ليست له تيارات حمل فى المنطقة المركزية . تعمل على خلط مادته هناك . وعليه فالهليوم الناشئ يبقى عند مكان تكوينه وبذلك تحترق المنطقة المركزية ببطئ من الداخل إلى الخارج حتى تحدث التفاعلات النووية فقط فى قشرة محيطة بالهليوم المركزى . يأكل هذا المنبع القشرى مادة النجم من الداخل إلى الخارج فيزداد بذلك محتوى الهليوم فى الداخل .

وفى *HRD* يتجول النجم أثناء الإحتراق المركزى للهيدروجين بعض الشئ إلى أعلى أى تزداد قوته الإشعاعية . وعند نفاذ الهيدروجين المركزى تنكمش منطقة الهليوم بينما يتمدد الغلاف الخارجى . وبما يشبه النجم ذى الكتلة مثل كتلة الشمس ٥ مرات فإن النجم يتحرك أثناء ذلك فى *HRD* على طريق تطوره مع الثبات التقريبى لقوة الإشعاع ناحية اليمين ، إلى المنطقة التى توجد بها النجوم المنخفضة فى درجة حرارة سطحها والكبيرة فى نصف قطرها . ولا يمكن لهذه الحركة أن تبتعد بالنجم كثيرا عن التتابع الرئيسى مثل النجوم كبيرة الكتلة . لأنه فى مثل قوة الإشعاع المنخفضة هذه يمر التتابع الرئيسى قريبا من خط – هاياشى ، الذى لا يمكن لأى نجم أن يعبره . معنى ذلك أن نجما كتلة ٣ر١ قدر كتلة الشمس يمكنه فقط أن يتمدد عندما تعلو فى نفس الوقت قوة إشعاعه



(٢) تطور النجوم فى شكل هرتزسبرنج ـ رسل لنجم كتلته ٥ مرات وآخر كتلته ١٫٣ مثل كتلة الشمس.

بشده . وبذلك فإن النجم يتحرك على طول خط ـ هاياشى إلى أعلى فى *HRD* وذلك بالضبط هو ما يتضح من التطور المحسوب فى المرحلة الزمنية التى تنكمش فيها منطقة الهليوم المركزية وتزداد كتلتها . فى أثناء ذلك ترتفع قوة إشعاع النجم بمقدار ١٠٠٠ إلى ٣٠٠٠ مره قدر قوة إشعاع الشمس . وتنتج هذه الطاقة خلال إحتراق الهيدروجين فى المنبع القشرى الذى يغلف منطقة الهليوم .

ولإنكماش منطقة الهليوم فى نجم كتلته ١٫٣ قدر كتلة الشمس نتائج مختلفة تماما عما للنجم كبير الكتلة . يرجع ذلك إلى أن النجم على التتابع الرئيسى له كثافة مركزية أكبر بكثير (حوالى ١٠٠جم/سم٣) بحيث ينطبق مبدأ حيود الغاز (بصورة أدق : غاز الإليكترونات ، ——— معادلات الحاله) . تصنع الاليكترونات فى أثناء ذلك ضغطا عاليا جدا . غير معتمد على درجة حرارتها . وعندما تكون الكثافة عالية بدرجة كافية . يمكن أن يحمل هذا الغاز وزن الطبقات التى تعلوه بدون ما حاجه إلى سخونة شديدة . وفى الحقيقة فإن مثل هذا الغاز أيضا لا ترتفع درجة حرارته عاليا بسبب الإنكماش . وبذلك لا يمكن أن يبدأ إحتراق الهليوم . وتبقى منطقة الهليوم المركزية تقريبا متساوية فى درجة حرارتها مع ما فوقها من منبع قشرى (الشكل ——— التركيب الداخلى للنجوم) .

فقط عندما تصل كتلة منطقة الهليوم خلال إحتراق ما حولها من مادة هيدروجينيه إلى ٠٫٦ قدر كتلة الشمس ترتفع فيها درجة الحراره (بفعل عمليات كثيره التعقيد) إلى حوالى ١٠٠ مليون درجة . ثم تبدأ التفاعلات النووية للهيليوم . إلا أن ذلك أيضا يحدث بطريقة مختلفة تماما عن حالة النجوم كبيرة الكتلة . التى يبدأ فيها الإحتراق فى مادة غير حيودية . ففى حالة نجم كتلته ١٫٣ قدر كتلة الشمس يبدأ إحتراق الهليوم فى مادة حيودية ، الشئ الذى ينتج عنه ما يسمى «بالفلاش» (——— التركيب الداخلى للنجوم . إستقرار النجوم) ، فما تحرره التفاعلات النوويه من طاقة لا يمكن إستنفاذه خلال تمدد المنطقة المركزية ـ مثل ما ينتج من الغاز المثالى فى حالة النجوم كبيرة الكتلة ، ولابد من إمتصاصها كطاقة حرارية . الشئ الذى يجعل التفاعلات النوية تبدأ بسرعة وتنتج طاقة أكبر . تتحول بدورها إلى طاقة حرارية وهكذا . وخلال هذه العملية الشيطانية يتجمع إنتاج فائض من طاقة التفاعلات النووية يصل فى الأعماق البعيدة داخل النجم إلى حوالى ١٠٠ بليون مره قدر قوة إشعاع الشمس . ويمكن مقارنة ذلك بإنتاجية الطاقة لمجموعة نجومية (أى مجرة) كاملة ! . إلا أن هذه الطاقة الهائلة لا تنتقل ناحية الخارج . ولا يستمر الفلاش أيضا إلا لوقت قصير (القيم العاليه حقا تستمر من دقائق إلى ساعات فقط) . ويتم إمتصاص الطاقة فى الطبقات الأعلى غير الحيودية وتتحول إلى تمدد . ويقف الفلاش عندما ترتفع درجة الحرارة فى منطقة الإشتعال . بحيث لا تصبح المادة حيوديه على الرغم من كثافتها العالية .

يظهر الفلاش فى أعلى طريق التطور وفى الوقت الذى يسود فيه فائض طاقة فى داخل النجم ، لا ينتقل إلى سطحه ، فإن قوة إشعاع النجم ـ كما يتضح من الحساب ـ تقل ويسير طريق التطور إلى أسفل .

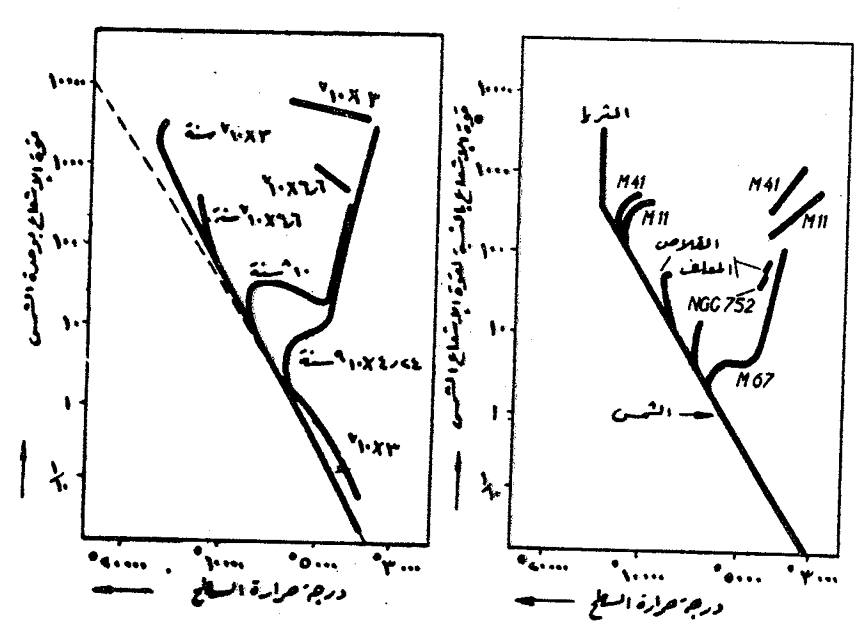
وعلى الرغم من المجهودات الكبيرة فإنه لم يمكن متابعة هذه الحسابات بعد ذلك ، نظرا لازدياد الصعوبات . إننا نعرف جيدا نجوما سارت فى تطورها حتى بداية الفلاش : وهذه هى تحت العمالقة الحمراء والعمالقة الحمراء فى الحشود الكروية ، وبالذات تلك النجوم التى توجد فى HRD على فرع العمالقة حاد الميل .

أما ما يتعلق بتطور النجوم صغيرة الكتلة بعد ذلك فتوجد له دراسات نظرية ، إلا أنها لم تعطى حتى الآن نتائج واضحة الدلالة تماما . ويمكن الزعم بأنه يتبع الفلاش مرحلة تطور هادئ من الإحتراق العادى للهليوم فى المنطقة المركزية . وأبعد من ذلك يمكن إفتراض وجود النجم فوق فرع العمالقة الأفقى الذى يوجد فى HRD لكل الحشود النجومية الكروية . ومن البديهى أن هذا الفرع الأفقى يأتى من سلوك النجم فى تطوره طريقا أفقيا فى HRD . إلا أنه لا يزال غير واضح ما إذا كان النجم يسلك فى أثناء تطوره هذا الطريق من اليسار إلى اليمين أو العكس . ويعتمد جزئيا على ما إذا كان النجم يعانى من فقد كبير فى كتلته أثناء الفلاش ، الشئ الذى لم يمكن التأكد منه بعد . وعندما يتحرك النجم ـ فى هذا الإتجاه أو ذاك ـ فوق الفرع الأفقى فلابد له أن يعبر المنطقة التى توجد بها المتغيرات من نوع RR السلياق . وفى الحقيقة فإن هذه المنطقة عبارة عن الإمتداد السفلى لشريط القيفاويات ، الذى تنبض كل ما فيه من نجوم .

التطور وشكل هرتز سبرنج ـ رسل للحشود النجومية : كما نوهنا عاليا فإن الحشود النجومية ملائمة بصورة خاصة للمقارنة بين النظرية والأرصاد . وتجرى المحاولة بصورة خاصة للحصول من التطورات المحسوبة على إيضاح للتركيب المميز للحشود النجمية فى شكل هرتز سبرنج ـ رسل . إن لكل من الحشود النجومية الحديثة العمر جدا والحشود المفتوحة والحشود الكروية أشكالا تختلف عن بعضها البعض . ففى حالة الحشود النجمية الحديثة العمر جدا نجد أن التتابع الرئيسى مملوء من أعلى (النجوم كبيرة الكتلة) . وتقع النجوم صغيرة الكتلة على النقيض من ذلك ناحية اليمين وإلى أعلى التتابع الرئيسى ، لأنها لاتزال فى حالة الإنكماش ، ولم تصل بعد إلى التتابع الرئيسى .

وبالنسبة للحشود العادية المفتوحة فإن الجزء السفلى من التتابع الرئيسى فى HRD مملوءا حتى ما يسمى الإنحناء . وهذا الجزء السفلى يحتوى على النجوم صغيرة الكتلة التى لم تجد منذ نشأتها وقتا كافيا كى تتطور بعيدا عن التتابع الرئيسى . وبعد نقطة الإنحناء نجد أن التتابع الرئيسى على العكس من ذلك خاليا ، إلا أنه يوجد بالقرب من ذلك بعض النجوم ، التى تجولت إلى أعلى ناحية اليمين خلال تطورها . وتعطى النظرية قيمة كتلة النجم التى تنتمى إلى قوة الإشعاع عند نقطة الإنحناء ، كما تعطى فوق ذلك العمر الذى تبدأ عنده هذه الكتلة فى التجول ناحية اليمين . من هنا يمكن إستنتاج عمر الحشد من قوة الإشعاع عند نقطة الانحناء . وللحشود النجمية فى شكل هرتز سبرنج ـ رسل فجوة واضحة إلى اليمين ثم يتبعها عدد من النجوم فى منطقة العمالقة الحمر . وهنا تنعكس طرق التطور تماما بالنسبة للنجوم كبيرة الكتلة ، إلا أنها تمكنت فقط من التطور بعيدا عن التتابع الرئيسى ، لأنها تتطور بسرعة أكبر كثيرا عن النجوم صغيرة الكتلة . وتمثل الفجوة التطور السريع ، الذى يحدث أثناء إنكماش المنطقة المركزية وتمدد الغلاف الخارجى بين إحتراق كل من الهيدروجين والهليوم .

تعد الحشود الكروية أكبر الحشود عمرا . لهذا فإن شكل هرتز سبرنج ـ رسل يبدو مختلفا ففيها نجد أن أسفل جزء من التتابع الرئيسى مليئا بالنجوم عند النجوم التى تبلغ كتلتها حوالى كتلة الشمس أو أقل . والنجوم التى تزيد كتلتها عن كتلة الشمس أتيح لها من الزمن ما يكفى لكى تتجول بعيدا عن التتابع



(٣) مقارنة بين نتائج حسابات النماذج النظرية لتطور الحشود النجومية (إلى اليسار) بأرصاد حشود نجومية مختلفة (إلى اليمين) ويتضح من الشكلين مدى التطابق الكبير بين النظرية والأرصاد.

الرئيسى ، الشئ الذى يشير إلى العمر الطويل للحشد. وعلاة على ذلك توجد نجوم فى شريط يحيد إلى اليمين فوق نقطة الإنحناء. ولا يصل هذا الشريط بعيدا إلى اليمين (فغير بعيد من هنا يوجد خط ـ هاياشى ، ويحدد المنطقة المسموح بها من HRD) ، وإنما ينحنى بحده إلى أعلى. ويناسب هذا الشريط جيدا التطور الذى شرحناه لنجم كتلته ١٫٣ قدر كتلة الشمس ؛ فتتطور النجوم الموجودة فى الفرع الصاعد فى مرحلة فلاش الهليوم. والفرع الصاعد فى HRD للحشود الكروية عباره عن تتابع وتجسيد لخط ـ هاياشى. وأخيرا فإن للحشود الكروية فى HRD فرع عمالقة أفقى منفصل ، من المحتمل أن توجد به النجوم فى مرحلة الإحتراق الهادئ للهليوم.

تظهر الأنواع المختلفة من HRD للحشود المختلفة فقط كنتيجة للأعمار المختلفة جدا فى هذه الحشود. ويمكننا التحقق من الإنعكاس الجيد الذى تعطيه الحسابات لأشكال هرتز سبرنج ـ رسل عن طريق الحشد الصناعى الذى قام النظريون بحسابه. ولهذا الفرض تم إقتراض ، أن كل نجوم الحشد الصناعى قد نشأت فى نفس الوقت عند العمر ـ صفر ، ثم بدأت إنكماشها عند خط ـ هاياشى ؛ بعد ذلك أخذت النجوم فى الزحزحه على طول مسار تطورها حسب سرعات التطور المحسوبة. وبذلك فإن شكل هرتز سبرنج ـ رسل لهذا الحشد الصناعى يتغير بإستمرار. وبالنسبة لقيمة الأعمار المختلفة فقد رُسمت صورا لحظيه للشكل (شكل ٣). وهذه تصف بوضوح الأشكال المميزه فى HRD لعديد من أنواع الحشود.

يحدث تغيير فى كتلة نجم ما فقط فى مقاطع معينة من تطوره وفى أنواع من النجوم بذاتها. ولهذه الظاهرة تأثير كبير على التطور اللاحق للنجم أو على مظهره. يرجع ذلك إلى أن التطور للكتل المختلفة يمكن أن يكون مختلفا ، وأنه حتى الأغلفة الخارجية الصغيرة التى يطردها النجم يتم إثارتها حتى الإضاءه فترى بصورة جيدة.

إن كل نجم يفقد أولا فى أثناء إشعاعة للطاقة كل ثانية كتلة كبيرة بالنسبة للمقاييس الأرضية. ومرجع ذلك هو كون كل طاقة مكافئة لكتلة معينة. وبالمقارنة

بكتلة النجم فإن هذا الفقد من الكتلة قليل بدرجة يمكن إهماله : فالشمس تفقد خلال إشعاعها كل ثانية ٤٫٣ مليون طن ، الشئ الذى يصنع على مدى ١٠ بليون سنه ٠٫٠٧ ٪ فقط من كتلة الشمس .

وهناك فقد آخر فى الكتلة يبدو أنه مؤثر بدرجة كبيرة فى حياة النجم ، وذلك هو ما يحدث أثناء إنفجارات السوبر نوفا وأثناء تكوين السدم الكوكبية . خلال ذلك تصبح أجزاء من النجم غير مستقرة وتنزلق منه أغلفة ذات كتل غير بسيطة . وهناك فقد بطئ فى الكتلة (« الرياح النجمية ») تحدث فى حالة كثير من العمالقة الحمر ، كما يتضح من الأرصاد . وتعطى كل من الحسابات فقد كتلة متشابه مع الأرصاد (وإن كان قليلا بعض الشئ) أيضا فى حالة الشمس ، وهو ما يسمى بالرياح الشمسية . كذلك فإنه معروف من الأرصاد أن كثيرا من النجوم كبيرة الكتلة (النوع الطيفى O ، B) تطرد أغلفة رقيقة ، تثار حتى درجة الإضاءة وتعلن عن نفسها خلال خطوط الإنبعاث التى تنطبع على طيف النجم . ويأتى فقد المادة هذا من سطح النجم بسبب الدوران السريع للنجوم . خلال ذلك تحدث قوى طرد مركزية ناحية الخارج تستطيع التغلب على قوة الجذب . ونجوم التتابع الرئيسى كبيرة الكتلة جدا (حوالى ١٠٠ مره قدر كتلة الشمس) غير مستقرة ، ويحدث لها مع الزمن تذبذبات من أقل إضطراب . ويظل ذلك يحدث حتى تصل الموجات الإصطدامية إلى السطح وهناك تتسبب فى طرد مادة . فى أثناء ذلك تفقد الذبذبات طاقة تتوقف على أثرها الذبذبات البسيطه ذات الفقد البسيط من الكتلة . ونتوقع أن تتوزع هذه المادة حول سطح النجم وأن تثار لدرجة الإشعاع معلنه عن نفسها . ومن المحتمل أن تنشأ المتغيرات الشبيهة بالنوفا بهذه الطريقة .

فى حالة المزدوجات المتلاصقة من النجوم يحدث تبادل كتلة شديد بين المركبتين : يعطى النجم الرئيسى جزءا كبيرا من كتلته إلى تابعه . وهذا التطور تم حسابه لعديد من الأمثلة (إنظر بعده) .

يمكن أن تحدث زيادة فى الكتلة من تجميع النجم لمادة ما بين النجوم ، لكن ذلك يحدث بطريقة ملحوظة فقط تحت ظروف متطرفة (←—— نظرية التجمع) .

تطور المزدوجات النجومية المتلاصقة : من المؤكد أن نجمين مثل هذا الزوج قد نشئا فى نفس الوقت ، ومن هنا فعمريهما متساويان . ويمكن أن يسهل ذلك من تعليل تطورهما الحالى ، خصوصا وأنه يمكننا من حركتهما حول مركز ثقلها المشترك تعين كتلتهما . وعلى الرغم من ذلك فقد أعطت الأرصاد (←—— النجوم المزدوجة) لبعض الأنواع نتائج مضلله . فى ما يسمى بالمجموعات النصف متلاصقة نجد أن النجم الأكبر (النجم الرئيسى) لا يزال نجما تتابعيا غير متطور . بينما النجم صغير الكتله (التابع) قد تطور إلى عملاق أحمر . إن ذلك يبدو مناقضا لأسس نظرية تطور النجوم : التى تقضى بأن النجم يتطور بسرعة أكبر كلما إزدادت كتلتة . وتقابلنا نفس الصعوبة فى مثل هذه المزدوجات تقريبا مثل مجموعة الشعرى اليمانيه ، التى تحتوى على نجم تتابع رئيسى كبير الكتلة مع قزم أبيض صغير الكتلة ، إنتهى من كل تطوره تقريبا . وقد أمكن حديثا فقط إيجاد تعليل لهذه الصوره .

يأتى الإختلاف فى التطور بين النجوم المنفرده والمزدوجة من أن نجما منفردا يمكنه التمدد بحرية بخلاف النجم المتطور فى المجموعة المزدوجة ، والأخير يعطى كتلة إلى تابعه بعد أن يتمدد إلى درجة معينه . فى أثناء هذا التمدد يقترب النجم الرئيسى بأجزاءه الخارجية من التابع وحتى إلى المنطقة التى تتغلب فيها جاذبية الأخير . خلال ذلك تجرى هذه الطبقات إلى التابع تاركه النجم الرئيسى ، أى أن النجم الرئيسى يفقد كتلة فيكتسبها التابع .

كمثال لذلك نذكر حساب تطور مزدوج متناسق كتلتية الأصلتين ٤٫١ ، ١٫١ قدر كتلة الشمس . يبدء كل النجمين على التتابع الرئيسى كنجم غير متطور .

يفقد النجم الكبير الكتلة هيدروجينة بسرعة أكبر من تابعة . هذا النجم الرئيسى يتطور بالضبط مثلما ذكرنا قبل ذلك لنجم كتلته ٣ر١ قدر كتلة الشمس : تنكمش المنطقة المركزية للهليوم فى الوقت الذى تتمدد فيه الطبقات الخارجية من النجم فيصير النجم عملاقا احمر . فى أثناء هذا التمدد تصل الطبقات الخارجية إلى نطاق جاذبية التابع فتسرى المادة إليه من النجم الرئيسى . وقد أوضحت الحسابات أنه فى وقت قصير نسبيا (لقياس زمنى حرارى) تعبر كتل كبيرة بحيث يصبح النجم الرئيسى أقل كتلة من التابع : وتنعكس بذلك الأدوار بين النجم الرئيسى والتابع . فالرئيسى حاليا (أى التابع عند البداية) لا يزال غير كبير التطور ، بينما التابع الحالى (أى النجم الرئيسى عند البداية) قد بلغ فى تطوره مرحلة العملاق الأحمر ، تماما كما يتضح من الأرصاد لما يسمى بالمزدوجات نصف المتلاصقة . وعند هذا الحد لا يقف انتقال الكتلة . فالتابع الحالى يستمر فى تمدده ويفقد بذلك كتلا أكبر من سطحة حتى يفقد كل غلافة الخارجى الذى يحتوى على الهيدروجين . ومن النجم الرئيسى عند البداية تبقى فقط منطقة الهيليوم المركزية ، التى ظلت تنكمش معظم الوقت . وعن طريق الإنكماش أصبحت هذه المنطقة كثيفة لدرجة حادت فيها المادة مثلما يحدث فى داخل قزم أبيض . يتطور بذلك باقى النجم الذى كان رئيسيا أولاً بشكل ظاهرى وبسرعة إلى قزم أبيض وهو النوع من النجوم الذى نشاهده ـ مثلما ذكر ـ حقيقة فى عديد من النجوم المزدوجة .

أمكن بذلك أساسا تعليل كيفية تطور النجوم المنفردة إلى اقزام بيضاء : فقد كانت هذه النجوم أولا كبيرة الكتلة جدا عما هى عليه الآن ثم انتهت بسرعة كبيرة نسبيا من عمليات الاحتراق النووى فى مناطقها المركزية . ثم انكمشت هذه المناطق المركزية بعد كل احتراق نووى حتى صارت المادة فيها غاية فى الكثافة وتكون فى الأعماق الداخلية للنجم كبير الكتلة إلى حد ما قزم أبيض . ومن الواضح أنه حدث بعد ذلك عن طريق انفجار مازلنا نجهله أن انطلقت الأغلفة الخارجية للنجم وبقى القزم الأبيض الذى تكون فى المنطقة المركزية .

إن نتائج تطور النجوم المزدوجة تبدو مختلفة للمزدوجات المختلفة فى الكتلة والمسافة الفاصلة بينهما . ومن المحتمل أن يمكن عن طريق ذلك تعليل الملامح الخاصة وغير المفهومة لعديد من أنواع النجوم . فمثلا يعطى تبادل الكتلة فى بعض النجوم ذات الكتلة الكبيرة نجوما بالغة السخونة وعالية فى قوة إشعاعها ، مشابهة لنجوم «وولف ـ رايت» التى نشاهدها . فإذا فقد النجم كل غلافه الهيدروجينى أثناء إحتراق الهيدروجين ، فإننا نرى بعد ذلك طبقات كانت توجد من قبل فى الأعماق البعيدة من النجم . وهناك حدثت قبل ذلك تفاعلات نووية غيرت فى التركيب الكيماوى للمادة . ويمكن أن يعلل هذا ظهور الخصائص فى التركيب الكيماوى لمعظم النجوم .

أخيرا نلقى نظرة ثانية على النجم المزدوج الذى شرحناه سابقا والذى تكون فيه قزم أبيض . فالنجم الرئيسى حاليا أصبح كبير الكتلة جدا بفعل تبادل المادة ومن هنا فإنه يتطور بسرعة . أثناء ذلك يتمدد ويدفع من جانبه بالماده فى نطاق جاذبية القزم الأبيض . أى يحدث إعادة للماده . والآن فإن للقزم الأبيض بسبب مقاييسه مجال جاذبية قوى بالقرب من سطحه . وما يسقط على سطح القزم الأبيض من مادة يتم إسراعها جدا فتكتسب طاقة حركة كبيرة . وأخيرا لابد أن تتحول هذه الطاقة إلى طاقة إشعاع يتم إنبعاثها . ومن المحتمل أن ينشأ فى أثناء ذلك كثيرا من الإشعاع قصير الموجه ، بحيث يمكن إعتبار هذا النوع من النجوم كمنابع لأشعة رونتجن . بالإضافة إلى هذا

ينشأ أثناء ذلك عدم إستقرار فى النجم ، يؤدى إلى إنفجار لمعانى . وفى الحقيقة فإننا نعرف نوعا من النوفا المتكررة ، التى هى عباره عن نجوم مزدوجة أحد نجميها قزم أبيض . ولا تزال هذه المجالات غير تامة الدراسة من الناحية النظرية .

التعادل الإشعاعى

radiative equilibrium
équilibre raditif *(sm)*
Strahlungsgleichgewicht *(sn)*

← التركيب الداخلى للنجوم .

التعادل الميكانيكى

mechanical equilibrium
équilibre mecanique *(sm)*
mechanisches Gleichgewicht *(sn)*

← التركيب الداخلى للنجوم .

تعيين المحل

position determination
détermination de la position *(sf)*
Ortsbestimmung *(sf)*

← التحديد الجغرافى للمكان .

تعيين المدار

determination of orbit
détermination d'une orbite *(sf)*
Bahnbestimmung *(sf)*

أحد فروع الميكانيكا السماوية الذى يهتم بإستخراج مدارات الأجرام السماوية من خلال مواقعها المرصودة . ونعنى بذلك فى الغالب تحديد مدارات الأجسام الحديثة الإكتشاف فى المجموعة الشمسية .

تأتى صعوبة تحديد مدارات أجسام المجموعة الشمسية (الكواكب والكويكبات والمذنبات) من كونها تدور حول الشمس ، بينما مواقعها على الكره السماوية تتعين من على الأرض التى تدور بدورها حول الشمس . من هنا فإن المدار الظاهرى على الكره السماوية لجرم سماوى مُشاهد من الأرض ليس فقط صوره للمدار الحقيقى حول الشمس ولكنه متأثر أيضا بحركة الأرض حول الشمس . وهناك عيب آخر ينشأ من أن أرصادنا للأجرام السماوية المراد تعيين مداراتها لا تُحدِّد أبعادها عن الأرض بل إتجاهاتها فقط أى زوايا على الكره السماوية تبين الموقع . ولو أن مسافات الأجرام السماوية عن الأرض معروفة فى الأوقات المختلفة بالإضافة إلى إتجاهاتها لأصبح من السهل تعيين مداراتها وذلك لمعرفتنا بمدار الأرض حول الشمس . (يرجع عدم معرفة المسافات إلى أن الكويكبات والمذنبات حديثة الإكتشاف قد رصدت فى الغالب من مرصد واحد بينما يحتاج التحديد الدقيق للأجرام السماوية فى المجموعة الشمسية أرصادا على الأقل من مرصدين يبعدان عن بعضهما بمسافة كبيرة ومعروفه بدقه) .

أدى ما توصل إليه علم الميكانيكا السماوية من قواعد لحركة جسمين حول بعضهما إلى سهولة تعيين المدارات . ويستوجب قانون الجاذبية فى شأن حركة جسمين خاضعين لقوة جذب كتلتيهما فقط ولايؤثر عليهما قوى أخرى ، أن تكون هذه الحركة فى قطاعات مخروطية أى دوائر أو قطع ناقص أو قطع مكافئ أو قطع زائد . وكما نستنتج من الدراسات فإن شكل وحجم ووضع المدار فى الكون وكذلك موقع الجرم السماوى فى وقت ما يمكن تحديدهما فى أغلب الأحوال ، إذا كان الجرم السماوى متحركا فى قطع ناقص ، وذلك بمعلومية سته أبعاد تمثل ← عناصر المدار وينطبق هذا على سبيل المثال بالنسبة لمدارات الكواكب والكويكبات . وتعتبر مشكلة تعيين المدار منتهية عندما نتوصل لتحديد قيمة هذه الأبعاد السته . ويتطلب هذا ستة رصدات مستقله عن بعضها تماما ، ويمكن الحصول عليها أيضا بواسطة ثلاث رصدات مواقع مستقلة . وبذلك نحصل على ثلاث قيم للمطلع المستقيم وثلاث إنحرافات عن خط الإستواء للجرم السماوى (= ٦ معلومه) ، وكذلك أزمان المشاهده الثلاثه التى حددنا لكل منها المطلع المستقيم والإنحراف عن خط الإستواء . ويضاف إلى ذلك موقع الأرض عند كل نقطة زمنية .

والطريقة المباشرة لتعيين المدار تتلخص فى محاولة تحديد مسافات الجرم السماوى عن الأرض بطريقة مقربه من خلال خطوات متتابعة . ويجب أن تستوفى نقط الأرصاد شرطين ، إذا لابد أن تقع الثلاث نقط - التى تقاس إحداثياتها على إعتبار مركزية الشمس - فى مستوى يحتوى كذلك الشمس . وتلك إحدى خصائص حركة جسم حول آخر فى المجموعة الشمسية ، عندما لايوجد ثالث يسبب الإضطراب . والشرط الثانى أنه فى أثناء حركة جرم سماوى حول الشمس فلابد من إستيفاء قانون المساحة الذى يقطع تبعا له خط الاتصال بين الجرم السماوى والشمس مساحات متساوية فى أزمنة متساوية أى أن المواقع الثلاثة المرصودة لابد أن تحقق شرط الاستواء وشرط ديناميكية المدار بحيث تحقق قانون المساحة . نحاول بعد ذلك تعيين المسافة إلى الجرم السماوى من خلال الخطوات المتتابعة لكل رصدة من الأرصاد . ويمكننا إجراء ذلك فقط بطريقة تقريبية لكون المعادلات من الدرجة السابعة أو الثامنة وبهذا فإن الشرطين يتحققان فقط بطريقة تقريبية . ومن خلال التحسينات يمكن الحصول على قيم للمسافات قريبة من الحقيقة بحيث يتحقق الشرطان بالدقة الكافية بعد ذلك وبمعونة ما حصلنا عليه من مسافات الجرم السماوى يمكننا تعيين عناصر المدار تحديدا واضحا .

وإذا ما أردنا تحديد مدار مؤقت لكويكب حديث الاكتشاف بحيث يمكن من ذلك حساب موقعه على الكرة السماوية فى الأيام اللاحقة ، فإننا نكتفى بتحديد مدار دائرى من خلال رصدتين ، لأن المدار الدائرى يتعين موضعه بمعلومية أربعة عناصر . والدقة فى هذه الحالة ليست كبيرة حيث أننا إستخدمنا جزءا صغيرا فقد من المدار . وعلى الرغم من ذلك فإن هذه تمكننا من إجراء الحسابات الزمنية . أما إذا تواجدت عندنا ثلاثة أرصاد منفصله ومتقاربة من بعضها البعض فإنه يمكننا تعيين مدار القطع الناقص . ولتعيين **المدار الحقيقى** يلزم أن نأخذ فى الإعتبار إضطرابات المدار التى قد تنشأ نتيجة لتأثير الكواكب الكبيرة (← الإضطرابات) . فى هذه الحالة لابد من تحديد عناصر المدار وكذلك تغييرها الزمنى .

نستطيع تعيين المدارات كبيرة الإهليجية للمذنبات عن طريق خمسة أرصاد ، حيث أن ذلك يتطلب خمسة عناصر فقط تحقق القطع الكامل تماما . فإذا حدث وكانت الإختلافات كبيرة بين النتائج والأرصاد يصبح من الضرورى تعيين مدار على شكل قطع ناقص .

كان «كبلر» (فى عام ١٦٠٩) هو أول من تمكن من إستنتاج مدار كوكب حول الشمس . وكان ذلك هو كوكب المريخ . بعد ذلك أعطى كل من «لاجرانج» و «لابلاس» طرقا رياضيه للحل وإن كان التحليل العددى فى غنى عنها . وعلى النقيض من ذلك كانت طريقة «أولبر» التى أعلنها عام ١٧٩٧ لتحديد مدار المذنب عملية لدرجة أنها تستعمل حتى الآن . وقد حمل إكتشاف كويكب سيرس وإفتقاده السريع «جاوس» (١٨٠٩) إلى عمل طريقة لتعيين المدار تتطلب فقط ثلاثة أرصاد لتحديد عناصر المدار عموما . ولازالت هذه الطريقة تمثل حتى الآن أساسا لتحديد المدارات فى القطاعات الناقصة .

تتعين مدارات الأقمار الصناعية وسفن الفضاء بنفس الطرق وإن كانت دراسة مدارات هذه الأجسام أسهل نظرا لمعرفتنا المسبقة بها قبل إنطلاق تلك الأجرام الصناعية ، وما علينا إلا أن نتحكم فقط فى بلوغها الهدف . علاوة على ذلك فإنه من الممكن تحديد مسافاتها بدقة كبيرة لوجودها فى الغالب فى مدار قريب من الأرض . ومن ناحية أخرى فإن مدارات الأقمار الصناعية وسفن الفضاء تعانى من الإضطرابات (← قمر صناعى أرضى) نتيجة لقربها من الأرض ولهذا فإن المدار يتغير بسرعة .

وخارج المجموعة الشمسية يجرى أيضا تحديد مدارات وذلك فى حالة ← النجوم

المزدوجة . والتي تختلف أرصادها كثيرا عن أجسام المجموعة الشمسية . وتبعا لذلك تختلف الطرق المطبقة لتعيين مداراتها .

التغيير

variation
variation *(sf)*
Variation *(sf)*

(١) إضطراب في ← حركة القمر .

(٢) التأرجح اليومي أو السنوي في شيوع ← الشهب .

تغيير الإختلاف المركزي (لمدار القمر)

evection
évection *(sf)*
Evektion *(sf)*

← إضطراب حركة القمر .

تغيير الأطوار

change of the lunar phases
variation des phases de la lune *(sf)*,
changement des phases de la lune *(sm)*
Phasenwechsel *(sm)*

← الأطوار .

تغير الضوء

light variation
variation lumineuse *(sf)*
Lichtwechsel *(sm)*

هو تغيير اللمعان الظاهري لجرم سماوي مع الزمن ، على سبيل المثال للقمر وللنجوم المتغيره .

التغيير الفجائي (الأدياباتي)

adiabatic
adiabatique
adiabatisch

هو تمييز لتغيير الحالة الطبيعية (مثل درجة الحراره والضغط والكثافة) لكتلة غازية بحيث لا يحدث تبادل حراري بينها وبين الوسط المحيط بها .

تغيير مسار الضوء

deflection of light
déviation des rayons lumineux *(sf)*
Lichtablenkung *(sf)*

هو ما تنبأت به ← نظرية النسبية من تغيير في مسار ضوء النجوم أثناء مروره في مجال جاذبية الشمس . الشئ الذي يلاحظ أثناء كسوف الشمس .

التغيير من المركز إلى الحافة

center - limb variation
variation centre - bord *(sf)*
Mitte - Rand - Variation *(sf)*

هي الفروق بين ما يصل من ضوء مركز قرص الشمس وما يصل من عند حافتها من إشعاع ؛ ← الشمس .

تفاعل بروتون ــ بروتون

proton - proton reaction
réation proton - proton *(sf)*
Proton - Proton (H - H) Reaktion *(sf)*

←إنتاج طاقة النجوم .

تفاعل سالبيتر

Salpeter reaction
reaction de Salpeter *(sf)*
Salpeter - Prozess *(sm)*

هو تفاعل نووي يتسبب في ← إنتاج طاقة النجوم ، وقد سمى هذا التفاعل تبعا لمكتشفه « سالبيتر » .

التفريق

resolving power
pouvoir de résolution (séparateur) *(sm)*
Dispersion *(sf)*

هو ← التحليل .

التفصيل (أو القدره على التحليل)

resolving power
pouvoir de resolution (separateur) *(sm)*
Auflösungsvermögen *(sn)*

هو عباره عن مقياس لقوة تفريق ← المنظار أو ← أجهزة الفلك الراديوي أو المطياف .

التقدير السلمي

step method
méthode des degrés (d'Argelandre) *(sf)*
Stufenabschätzung *(sf)*

هو طريقة بسيطة أدخلها «أرجيليندر» في الفلك لتقدير اللمعان غير المعروف لنجم ما بالمقارنة بنجوم أخرى . ويتم ذلك بأن يقدّر لمعان النجم على

مقياس يتم معايرته على نجوم معروفة اللمعان ؛ ولذلك فإن المقياس يختلف من راصد إلى آخر . ويبلغ كل سُلّم حوالى ١ر٠ قدرا . وبجانب تعيين لمعان النجوم فى السماء فإن التقدير السلمى يمكن إستخدامه أيضا لتحديد درجة سواد أقراص النجوم على الصور الفوتوغرافية (← الفوتومتر) . ودقة هذه الطريقة ليست عالية جدا ، وتقدر بحوالى سُلّمه أى ١ر٠ قدرا .

التقسيم الطيفى

spectral classification
classification spectrale *(sf)*
Specktralklassifikation *(sf)*

هو ترتيب طيف النجوم فى ← الأنواع الطيفية ؛ وفى حالة التقسيم الثنائى تنتظم النجوم بالإضافة إلى الطيف أيضا بالنسبة لنوع القوة الإشعاعية .

تقسيم هارفارد

Harvard classification
classification de Harvard *(sf)*
Harvard - Klassifikation *(sf)*

نظام لتقسيم أطياف النجوم تم عمله فى مرصد هارفارد (الولايات المتحدة الأمريكية) ؛ ← النوع الطيفى .

التقويم

calender
calendrier *(sm)*
Kalender *(sm)*

هو تقسيم الزمن إلى فترات كبيرة تبعا لوجهة النظر الفلكية . وهناك إمكانيات مختلفة لعمل مثل هذا التقسيم ، أى أنه توجد تقاويم مختلفة ، إلا أنها جميعا تستعمل فترات زمنية كأساس لها وأصغر فترة زمنية فى التقويم هى اليوم ويليه فى الكبر الشهر الإقترانى ، وهو عبارة عن الفترة الزمنية بين حدوث طور أو وجه واحد للقمر مرتين ، الشىء الذى اعتبر ـ بغض النظر عن بعض الشذوذ ـ أساس لكل التقاويم القديمة . ولا يحتوى الشهر الاقترانى على عدد كامل من الأيام وإنما على ٥٣٠٦ر٢٩ يوما ، ولذلك تمر شهورا مختلفة الطول فيكون إحداها ٢٩ يوما وما يليه ٣٠ يوما ثم ٢٩ يوما وهكذا نجد ١٢ شهرا إقترانيا ستة منها بأطوال ٢٩ يوما والستة الأخرى بأطوال ٣٠ يوما وتعطى جميعها ٣٥٤ يوما بينما يكون مجموع طول ١٢ شهرا إقترانيا **سنة قمرية** طولها ٣٦٧ر٣٥٤ يوما . وحيث أن السنة القمرية لا تحتوى فقط أيام كاملة فإنه ينتج عن ذلك أن تتابع سنين ذات أطوال مختلفة ، أى لابد من إدخال سنوات كبيسة حتى يحدث تطابق بين السنين التقويمية والقمرية . والسنة القمرية لاتعتمد على دورة الشمس الظاهرية وتقصر عن السنة المدارية بنحو ١١ يوما . والسنة المدارية هى الفترة الزمنية بين عبورين متتاليين للشمس بنقطة الربيع . ولهذا السبب فإن بداية السنة القمرية تتحرك خلال جميع فصول السنة .

والفترة الزمنية المناسبة والتى تلى الشهر فى الطول هى زمن تكرار فصول السنة ، أى السنة المدارية وطولها ٢٤٢٢ر٣٦٥ يوما . ونظرا لأنها لاتحتوى على عدد كامل من الأيام فإن ذلك يتطلب إدخال سنين كبيسة حتى تبقى بداية العام ثابتة مع تكرار الفصول وحتى نحصل على **سنة شمسية محددة** . فبعد مرور عدد من السنين العادية بطول ٣٦٥ يوما تأتى فى الدورة المنتظمة سنة تزيد يوما ، أى سنة كبيسة . أما إذا بقى طول السنة ثابتا على ٣٦٥ يوما فإن بداية العام تنتقل لال فصول السنة وينشأ من ذلك سنة شمسية متنقلة .

وفى **السنة الشمس قمرية** أو **القمرية المحكومة** نأخذ فى الإعتبار كل من أطوار القمر وإختلاف الفصول . وفى تلك السنة يدخل شهر إضافى برقم ١٣ لتدارك الأيام التى تكمل السنة القمرية إلى السنة الإستوائية وبحيث تبقى الشهور مطابقة لدورة القمر وتبقى كذلك بداية العام ثابتة إلا من بعض الترنحات البسيطة . ويمكن إجراء نفس الشىء بدورة طولها ١٩ سنة يكون فيها ١٢ سنة كل منها ١٢ شهرا و ٧ سنوات كل منها ١٣ شهرا ، وذلك لأن ١٩ سنة إستوائية

تكاد تعطى ٢٣٥ شهرا إقترانيا ويبلغ الفرق فقط ٠٨٦٦٦ر٠ يوما .

إن أساس التقويم الجريجوري هو سنة ثابتة تماما . وقد كان التقويم السابق لذلك هو **التقويم اليولياني** ..وحيث أن الدورة الكبيسة لسنة الرومان الشمس قمرية كانت إختيارية فقد أدى ذلك إلى عدم إنتظام التقويم كله وقرر السيد الأكبر ، الحاكم الروماني ، يوليوس قيصر (١٠٠ـ ٤٤ ق . م) تعديل التقويم . وتم بالاشتراك مع العالم الإسكندري سوسيجتز ضبط بداية العام مع أقصر أيام السنة . وفي عام ٤٦ ق . م أضيف إلى ذلك ٦٧ يوما وبذلك أصبح طول العام لأول وآخر مرة ٤٤٥ يوما . بعد ذلك صارت الشهور غير معتمدة على دورة القمر وبأطوال ٣٠ ثم ٣١ يوما على التوالي أما شهر فبراير فأعتبر كشهر ضبط وطوله ٣٠ أو ٢٩ يوما ؛ فبعد ثلاث سنوات طول كل منها ٣٦٥ يوما تأتي سنة كبية طولها ٣٦٦ يوما . وبعد موت «سيسر» أدخلت عن طريق الخطأ سنة كبيسة كل سنتين عاديتين . وتحت حكم «أغسطس» (٦٣ ـ ١٤ ق . م) أعتبرت عمدا ثلاث سنين كبيسة كسنين بسيطة وذلك بغرض التعادل . وعدلت أسماء الأشهر رقم ٥ ، ٦ من التقويم الروماني القديم إلى يوليو وأغسطس تكريما ليوليوس قيصر وأوجوسطوس وإزداد أغسطس يوما على حساب شهر فبراير. ولا نزال نستعمل أسماء وأطوال الشهور اليوليانية في تقاويمنا . ويبلغ الطول المتوسط للسنة اليوليانية ٢٥ر٣٦٥ يوما . وقد بدأ إحصاء السنين اليوليانية منذ تأسيس مدينة روما وكان ذلك عام ٧٥٣ ق . م .

التقويم الجريجوري :

نظرا لأن السنة اليوليانية طويلة بعض الشيء عنالسنة الإستوائية فإن بداية العام تتزحزح . وقد تراكم هذا الخطأ حتى بلغ ١٠ أيام في القرن السادس عشر . لذلك شرع البابا جريجوري تعديلا للتقويم يكون فيه الخامس عشر من إكتوبر ١٥٨٢ هو اليوم التالي للرابع من أكتوبر نفس العام ، على أن تكون بداية الربيع في الحادي والعشرين من مارس كل عام . كما عدل جريجوري كذلك نظام السنوات الكبيسة القديم ، الذي يزيد فيه طول السنه الرابعة يوما بعد ثلاث سنوات بأن إعتبر السنوات التي تكمل قرنا كاملا ولاتقبل القسمة على ٤٠٠ سنوات بسيطة (على سبيل المثال ١٩٠٠ ، ٢١٠٠) . وبذلك يبلغ متوسط طول السنة الجريجوريانية ٢٤٢٥ر٣٦٥ يوما . ومنذ حوالي عام ٦٠٧ ق . م توصف السنوات بأنها قبل الميلاد أو بعد ميلاد المسيح (الميلاد) ، وأحيانا يستعمل تعبير قبل بداية حساب الزمن أو من حسابنا للزمن وبإختصار ق . م ، ب . م .

التقويم المصري :

يرتكز التقويم المصري على السنة الشمسية المتحركة ، التي تحتوي على ١٢ شهرا كل منها ٣٠ يوما بالإضافة إلى ٥ أيام نسيء . وفي خلال ١٤٦٠ سنة يوليانية (دورة سوثيس أو دورة نجم الكلب ؛سوثيس = الشعرى اليمانية أو نجم الكلب) تكون بداية السنة قد مرت بجميع الفصول ، بحيث أنه بعد هذا العدد من السنين تكون بداية السنة المصرية مع الشروق الإحتراقي للشعرى اليمانية . ومنذ عام ٢٣٨ ق . م أصبح يضاف يوم لكل أربع سنوات بحيث تثبت بداية العام مع الفصول . وقد عمل «سيسر» بهذه القاعدة أيضا في تقويمه .

التقويم الهجري :

يرتكز التقويم الهجري على السنة القمرية فقط وله دوره تغيير قدرها ٣٠ سنة . وبصرف النظر عن الشهور توجد أسابيع طول كل منها ٧ أيام يبدأ كل يوم بغروب الشمس . أحصى التقويم الهجري بالنسبة لإنتقال سيدنا محمد من مكة ، والذي حدث في ١٦ يوليو عام ٦٢٢ ميلادية . وهناك قاعدة حسابية تقريبية يتم على أساسه الحساب المسبق للعام

الهجرى . على أن تصحح بعد ذلك تبعا للرؤية خاصة فى بداية شهور العبادات المتميزة مثل شعبان ورمضان وذى الحجة والمحرم . وترتكز هذه القاعدة على دوره طولها ٣٠ عاما منها ١٩ عاما بسيطة (أى طول كل منها ٣٥٤ يوما) ، و١١ عاما كبيسة (أى طول كل منها ٣٥٥ يوما) . وتعطى الشهور أرقاما بدءا بالمحرم رقم ١ ثم صفر رقم ٢ وهكذا حتى ذى الحجة رقم ١٢ . وأطوال الشهور الفردية ٣٠ يوما والزوجية ٢٩ يوما ما عدا فى السنة الكبيسة يكون طول الشهر رقم ١٢ (ذى الحجة) ٣٠ يوما . والسنين الكبيسة فى هذه الدورة هى أرقام ٢ ، ٥ ، ٧ ، ١٠ ، ١٣ ، ١٦ ، ١٨ ، ٢١ ، ٢٤ ، ٢٦ ، ٢٩ . أما باقى السنين فهى بسيطة . وقد بدأت الدورة الأخيرة عام ١٣٨١ هجرية . والخطأ فى هذه القاعدة الحسابية صغير ولا يتعدى يوم خلال العام . والتقويم الهجرى لا يعتمد على الحساب فقط وانما يشترط إلتماس رؤية الهلال يوم التاسع والعشرين من الشهر فإن ثبتت رؤيته بعد غروب الشمس كان اليوم التالى هو بداية الشهر الجديد ، وإلا فهو المتمم لأيام الشهر ثلاثين يوما . وقد وافق يوم ٢٦ سبتمبر عام ١٩٨٤م بداية عام ١٤٠٥ هجرية .

التقويم اليهودى :

يرتكز التقويم اليهودى على السنه الشمس قمرية . وقد طرأت عليه تحسينات فى عام ٣٣٨ بحيث لم يعد يتحدد بداية الشهر عن طريق رصد القمر (كأول وقت يمكن فيه مشاهدة هلال القمر بعد ميلاده) وإنما يتم هذا التحديد حاليا عن طريق الحسابات وفى النظام الدورى كل ١٩ سنه فإن السنوات أرقام ٣ ، ٦ ، ٨ ، ١١ ، ١٤ ، ١٧ ، ١٩ سنوات كبيسه . ويمكننا التميز فى هذا التقويم بين السنوات البسيطة وطول كل منها ٣٥٣ يوما والسنوات المتظمة وطول كل منها ٣٥٤ يوما ثم السنوات الكبيسة وطول كل منها ٣٥٥ يوما ، وكذلك بعض السنوات الكبيسة التى يكون طول كل منها ٣٨٣ أو ٣٨٤ أو ٣٨٥ يوما .

ويأتى هذا الإختلاف من الأهواء الشخصية فى حساب بداية السنه . وفى هذا التقويم يبدأ اليوم فى الساعة السادسة مساءا . وتحصى السنوات اليهودية منذ «خلق العالم» الذى أعتبر فى ٧ أكتوبر عام ٣٧٦١ ق . م . وقد وافق يوم ٢٦ سبتمبر عام ١٩٨٤م بداية العام ٥٧٤٥ اليهودى .

التقويم اليونانى :

يرتكز التقويم اليونانى على السنه الشمس قمرية . ومنذ عام ٤٣٢ ق . م أدخلت دورة التغيير الميتونيه ، وتبعا لها فإن الأعوام ٣ ، ٥ ، ٨ ، ١١ ، ١٣ ، ١٦ ، ١٩سنوات كبيسة . ومنذ عام ٣٣٠ ق . م كانت هناك دورة تغيير طولها ٦٧ عاما أدخلها «كاليبوس» . وكان الأسبوع مكونا من عشرة أيام يبدأ فيها اليوم من غروب الشمس . وتحصى السنين بالنسبة للدوره الأوليمبيه التى إستمرت أربع سنوات وبدأت فى ٨ يوليو عام ٧٧٦ ق . م .

إن أبسط تقويم هو العدد المتسلسل للأيام بدون إنقطاع وهذا ما إقترحه «سكيلجر» فى عام ١٥٨٢ **ويعرف ذلك فى الفلك باسم (والد سكيلجر)** بالتاريخ الجوليانى (**J.D**) . وترجع بساطة هذا التقويم إلى سهولة إيجاد فرق الزمن بين الفترات الزمنية الموجودة فى أكثر من عام . يبدأ اليوم فى هذا التقويم عند الساعة ١٢ بالتوقيت العالمى وذلك منذ بداية يناير عام ٤٧١٣ ق . م . وأول يناير عام ١٩٨٥ الساعة ١٢ بالتوقيت العالمى هو المناظر لليوم ٢٤٤٦٠٦٧ بالتاريخ الجوليانى (← جدول VIII فى الملحق) .

تقويم بحرى

Nautical Almanac

← حوليه فلكيه .

التقويم الفلكى

Astronomical Ephemeries

← حوليه فلكيه .

التكبير

magnification
grussisement *(sm)*, **grandissement** *(sm)*
Vergrösserung *(sf)*

المنظار .

تكتيت

tectite
tectite *(sf)*
Tektit *(sm)*

هو كتلة كروية خضراء فى الغالب ومكونة من مادة صعبة الإنصهار وتتكون ثلاثة أرباعها من أكسيد السيلكون SiO_2 . وجدت هذه التكوينات فى أماكن معينه من الكره الأرضية . وحسب المكان الذى وجدت فيه فإننا نميز **الملدافيت** (تشيكو سلوفاكيا) **والأستراليت** (أستراليا) **والبليتونيت** (إسم جزيرة بيلتونج فى أندونسيا) . ومن المحتمل أن يكون التكتيت عباره عن تركيبات تكونت أثناء إرتطام نيازك ضخمة بالأرض ؛ فما يتحرر من طاقة فى أثناء مثل هذه العملية يمكن أن تكون كبيرة جدا لدرجة تؤدى إلى تبخر كل كتلة النيزك وجزء من مادة قشرة الأرض ، وفى بعض الحالات ينشأ التكتيت بعد ذلك من البخار المتكاثف . ويحتمل أن يكون ما وجد فى تراب سطح القمر من تكوينات زجاجية كثيرة وكروية الشكل غالبا (⟵ القمر) قد نشأ بنفس الطريقة عند ارتطام النيازك بسطح القمر .

تكثفات الكورونا الشمسية

coronal condensations
condensations coronales *(pf)*
koronal Kondensationen *(pf)*

هى مناطق ساخنة وكثيفة جدا فى ⟵ الكورونا الشمسية .

التلسكوب

Telescopium, Tel *(L)*
telescope
télescope *(sm)*
Fernrohr *(sn)*

(١) تماما مثل ⟵ المنظار .
(٢) إحدى كوكبات نصف الكره الجنوبى التى ترى فى ليالى الصيف مائله على الأفق من خطوط عرض معظم البلاد العربية .

التلسكوب الراديوى

raidotelescope
radiotélescope *(sm)*
Radiotelescop *(sn)*

هو احد ⟵ الأجهزة الفلكية الراديوية .

تلسكوب هال

hale telescope
télescope d'Hale *(sm)*
Hale - Teleskop *(sn)*

هو التلسكوب أو المنظار ٥ متر الأمريكى .

التلوين

reddening
rougissement *(sm)*
Verfärbung *(sf)*

هو تغيير توزيع شدة اللمعان فى طيف نجم ما . وينشأ ذلك بفعل الإمتصاص الإنتخابى ⟵ لغبار ما بين النجوم . أى إمتصاص يختلف فى شدته عند الأطوال الموجية المختلفة . وتسمى هذه العلاقة **بقانون التلوين** .

التمدد

expansion
expansion *(sf)*
Expansion *(sf)*

عند تعليل الإزاحة المنتظمة فى الخطوط الطيفية للمجرات الخارجية على أنها راجعة إلى ظاهرة دوبلر . فإن هذا يقودنا إلى إفتراض **تمدد الكون** ، أى إلى إفتراض أن الكون ككل فى حالة تمدد ؛ ⟵ « ظاهرة هبل » . ⟵ الكسمولوجى .

التنجيم أو علم دلالات النجوم والأجرام السماوية الأخرى

astrology
astrologie *(sf)*
Astrologie *(sf)*

هو عباره عن تعاليم خاطئه تدعى أن ما يحدث على الكره السماوية له تاثير محدود ومعروف على مجرى

الحوادث على الأرض . وتحاول تلك التعاليم على وجه الخصوص إستنتاج طبائع وحياة الأدميين والتنبؤ بها وذلك من أوضاع الأجرام السماوية . يرجع أصل التنجيم إلى علم الهيئة فى الشرق وخصوصا عند البابليونين ، حيث كان قساوستهم فى نفس الوقت فلكيين ومنجمين . وعن هؤلاء جاءتنا مصطلحات التنجيم الجهنمية ولكن بدون أن ترتكز حتى على أقل قدر من الحقائق . وقد ظل الفلك والتنجيم مرتبطان إرتباطا وثيقا حتى فى العصور الوسطى . فقام العالم الفلكى «كبلر» ببعض التنبؤات كى يتمكن من إكتساب قوته ولكن عن غير إقتناع بحقيقة تلك الخرافات . ويرفض علم الفلك الحديث كل أنواع التنجيم رفضا باتا ؛ حيث أن التنجيم لايستند على خبرة حقيقية من جهة ولاتؤيده قوانين طبيعية من جهة أخرى ؛ وبهذا فإن التنجيم غير علمى كلية . إن هذا لايعنى أن التنجيم قد إنقرض ، بل إنه على العكس من ذلك يستعمل فى إبتزاز أقوات ضعاف الإيمان والمتشائمين من الناس وخصوصا فى البلاد الرأسمالية . وفى التنبؤ بسير حياة الناس وطباعهم وفرص الزواج وغيره يستخدم ما يسمى **بالطالع أو الهوروسكوب** وهو عبارة عن رسم لمواقع الكواكب والشمس والقمر على الكرة السماوية عند وقت ميلاد الشخص أو عند الوقت الذى يراد التنبؤ له . وفى حالات كثيرة يقتصر المنجم على الكواكب التى ترى بالعين المجردة . فى هذه الحالة تؤخذ فقط مواقع الأجرام السماوية فى داخل منطقة البروج فى الإعتبار . ومنطقة البروج مقسمة إلى ١٢ قسما متساويا تبدأ من نقطة الإعتدال الربيعى ولكل منها إسم برج من البروج ؛ وهى الحمل والثور والتوأمان والسرطان والأسد والعذراء (السنبلة) ، والميزان والعقرب والقوس (والرامى) والجدى ، والدلو (ساكب الماء) والحوت . وبرج الحمل يحتل تبعا لذلك خطوط الطول البروجية من صفر° حتى ٣٠° ، والثور من ٣٠° إلى ٦٠° .. وهكذا . وحيث أن نقطة الإعتدال الربيعى قد تزحزحت نتيجة لترنح الإعتدالين حوالى ٣٠° على الدائرة البروجية فإننا نجد أن برج الثور يقع فى المكان الذى كان يحتوى الحمل سابقا والحمل فى مكان الحوت ... وهكذا . وتنقسم الدائرة البروجية إلى منازل . والمنازل الستة الأولى (مبتدأ من الشرق) تقع تحت الأفق بينما المنازل من السابع حتى الثانى عشر (من ناحية الغرب) تقع فوق الأفق . ويطلق المنزل الأول على البرج ــ الطالع ــ الذى يبدأ فى الظهور فوق أفق المشاهد نتيجة للحركة الظاهرية للكرة السماوية ثم تترتب الأبراج الأخرى فى المنازل المتبقية . وعلى ذلك فإنه فى خلال يوم نجمى يعبر كل برج جميع المنازل فى تتابع تناقصى .

وعند عمل هوروسكوب (طالع) لشخص ما تراعى أوضاع الأجرام السماوية فى المنازل المختلفة وعلى وجه الخصوص وضع الميلاد أى وضع الكوكب الذى تواجد فى وقت ميلاد هذا الشخص فى المنزل الأول ، وهذا يحدد قبل غيره طبائع شخصيته وحظه . ويسمى وضع الأجرام السماوية فى ساعة الميلاد **بالطالع** .

وتأخذ الكواكب والشمس والقمر وكذلك كل منزل وبرج من الأبراج صفات معينة تزداد قوة أو تضعف على حسب ما يوجد بها من أجرام سماوية ذات صفات تتفق أو تختلف مع صفات المنازل أو الأبراج ذاتها . ويسير فى ذلك المتنبىء على نظام معين . فمثلا تعطى البروج على التوالى وبالتبادل صفات ذكور وإناث . ويكون مثلا نتيجة ذلك أن يحصل الثور على صفات إناث ؟

ومن خلال تبديلات متقنة للإحتمالات الكثيرة يمكن إستنتاج أشياء كثيرة تسر صاحبها من مواقع الأجرام السماوية ى المنازل والأبراج ، خصوصا وأن دلالات التنجيم متعددة . وفىمقابل التنبؤات الصحيحة النادرة للتنجيم يقابل الناس بأعداد لا يمكن إحصاؤها من التنبؤات الخاطئة ومن أبسط الدلائل ضد التنجيم أنه لايستطيع بالهوروسكوب أن يفرق بين طالع فرد أو توأم . فلابد أن ينتج عن

التنجيم نفس الصفات ونفس الحظ لكل من فردى التوأم ، لأن وضع الأجرام السماوية لم يتغير كثيرا فى الفترة بين ميلاديهما . هذا فى حين أنه معروف على العكس من ذلك أن التوأمين يختلفان فى الطبائع والمستقبل . كذلك فإنه حسب التنجيم يتساوى أكثر من عشرة آلاف شخص يولدون فى ساعة واحدة على الأرض فى حظهم نظرا لتساوى طالعهم .

ومن حين لآخر يعمد المنجمون إلى إستنتاج حالات الطقس من أوضاع الكواكب وخصوصا القمر . وهذا أيضا مضلل وغير علمى تماما مثل التنجيم .

التنين

Draco, Dra *(L)*
dragon
dragon *(sm)*
Drache *(sm)*

كوكبه كبيره من كوكبات نصف الكره السماوية الشمالى ، تبقى أغلبها فوق الأفق دائما فى خطوط عرض شمال البلاد العربية ، وتكاد تحتوى تقريبا كل الدب الأصغر . وفى التنين يقع القطب الشمالى لدائرة البروج .

تنيني

draconic
draconique
drakonistish

منسوب إلى عُقْدَتى مدار القمر ، وهناك أيضا ← الشهر التنينى أو الدراكونى .

التنينيات

draconids
draconiés *(pm)*
Drakoniden *(pm)*

تيار من الشهب يظهر دوريا فى التاسع من أكتوبر فى كوكبة التنين . وقد نشأت التنينيات من المذنب 1923 XIII (جياكوبنى – تسنر) وأنتجت فى عام ١٩٣٣ لعدة ساعات تيار مستمر من الشهب . ويتبع هذا المذنب سحابة شديدة من النيازك .

توابع زحل

Saturn's satellites
satellites de saturne
Saturnmonde *(pm)*

يمتلك زحل ١٧ تابعا (← تابع ، الجدول) أكبرها تيتان ويقارن حجمه بكوكب عطارد . وبسبب كبر كتلته وإنخفاض درجة حرارته فإن تيتان يحتفظ بغلاف جوى ، يشابه فى تركيبه الغلاف الجوى لزحل . تتحرك توابع زحل ، باستثناء فوبى ذى الحركة التراجعية ، قريبة من مستوى إستواء الكوكب .

تابعى المريخ

Mars's satellites
satellites des Mars *(pm)*
Marsmonde *(pm)*

للمريخ تابعان هما فوبوس ودايموس (← التابع ، الجدول) وكلاهما يصعب مشاهدته لأنهما صغيران ويبعدان فقط بمسافة بسيطة عن الكوكب . يدور فوبوس حول المريخ على بعد ٢٫٧٧ قدر نصف قطر المريخ بزمن دوران أقل من زمن دوران الكوكب حول نفسه ولذلك يشرق فوبوس بالنسبة للكوكب ناحية الغرب ويغرب ناحية الشرق . وقد أعطت حركة هذين التابعين إمكانية لتحديد كتلة المريخ بدقة .

توابع المشترى

Jupiter's satellites
satellites de Jupiter *(pm)*
Jupitermonde *(pm)*

تم إكتشاف ١٥ تابعا تدور حول المشترى . وكان إكتشاف ألمع أربعة منها (← تابع ، الجدول) على يد جاليلى عام ١٦١٠ . إستغل « رومير » خسوف أقمار جاليلى ، التى يرى دورانها فى نظارة ميدان كمسرحية مثيرة ، وذلك فى تعينه ← سرعة الضوء . ويرجع اللمعان الكبير لهذه الأقمار إلى كبر أحجامها . ويكاد كل من القمرين جانيميد وكاليستو أن يضارع بقطره البالغ ٥٠٠٠ كم

قطر كوكب عطارد . والبياض (العاكسيه) العالى المدهش للثلاث أقمار يو وأوروبا وجانيميد وكاليستو (حتى ٠,٤ مقابل قمر الأرض ٠,٠٧) يرجع إلى وجود غلاف جوى رقيق ، تأكد وجود ميثان وأمونيا فيه . تدور الأقمار الخمسه يو وأوروبا وجانيميد وكاليستو وأمالتيا حول المشترى فى مدارات إهليجية قريبا من مستوى مداره ؛ أما الأقمار الباقية فإن لها علاقات حركة مختلفة تماما عن ذلك ، بل إن باسيفى وسينوبى وكارمى وأنانكى يتحركون بدوران تراجعى . ولمعان التوابع الأربعة الأخيره صغير جدا ــ اخفت من القدر ١٧ ــ لدرجة أنه لا يمكن مشاهدتها إلا فوتوغرافيا .

تابعي نبتون

Neptune's satellites
satellites de Neptune *(pm)*
Neptunemonde *(pm)*

تم إكتشاف إثنين من التوابع حول نبتون . تريتون وهو جسم كبير نسبيا ويدور فى حركة تراجعية فى مدار دائرى حول الكوكب مرة كل ٥,٩ يوما ؛ أما نريدى فهو على النقيض من ذلك صغير جدا ويمكن رصده فوتوغرافيا فقط ومداره أكبر مدارات التوابع المعروفة إستطاله (e = ٠,٧) . ويبعد نريدى حتى ١٠ مليون كم عن الكوكب . (⟵ تابع ، الجدول) .

توابع يورانوس

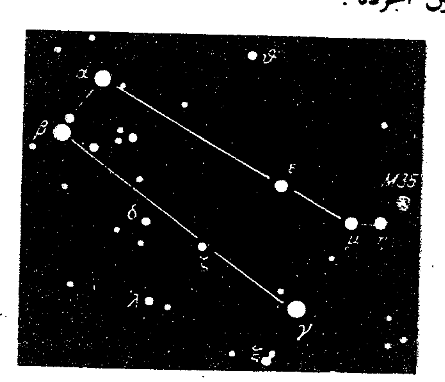
uranus's satellites
satellites d'Uranus *(pm)*
Uranusmonde *(pm)*

تدور توابع يورانوس الخمسه فى مدارات تقع فى مستوى إستواء الكوكب ، أى تقريبا عموديا على مستوى مدار يورانوس وآخر قمر تم إكتشافه ، ميراندا ، هو عباره عن جسم صغير جدا . أما تيتانيا فله على العكس من ذلك قطر يبلغ ١٠٠٠كم . ولمزيد من التفاصيل أنظر ⟵ تابع . الجدول .

التوأمان

Gemeni, Gem *(L)*
heavenly twins
gémeaux *(sm)*
Zwillenge *(sm)*

أحد ابراج دائرة الحيوانات فى نصف الكرة السماوية الشمالى ، ويظهر فى ليالى الشتاء . تعبر الشمس هذا البرج أثناء حركتها السنوية الظاهرية من النصف الثانى لشهر يونيو حتى النصف الثانى لشهر يوليو . ويمكن تمييز التوأمين بسهولة فى السماء ، لأن النجمين المنتمين إليه ؛ ⟵ كاستور (α التوأمان) وبولوكس لها تقريبا نفس اللمعان ويبعدان عن بعضها فقط ٥,٤° . وكاستور نجم مزدوج جميل يمكن تمييز مكونتيه بالتكبير الشديد . وحتى بنظارة ميدان بسيطة فإننا نرى كل من النجمين ν ، ζ كمزدوجات . فى هذا البرج توجد أيضا سلسلة من الحشود النجومية على سبيل المثال M 35 الذى يرى بالعين المجردة .



برج التوأمين

وألمع نجمين فيه هما :	α	B
الأسم اللاتينى	Castor	Pollux
الأسم العربى	رأس أفلون	رأس التوأم المؤخر (أو رأس هرقل)
القدر	١,٥٩	١,١٥
النوع الطيفى	A1	KO
نوع قوة الاشعاع	V	III
المسافة بالبارسك	١٤	١١

التوأميات

geminids
géminides *(pm)*
Geminiden *(pm)*

⟵ تيار شهب .

توبو سينتريك

topocentric
topocentrique
topozentrisch

منسوب إلى الموقع المتوسط المرصود .

التوجيه بالأجرام السماوية

orientation with the heavenly bodies
orientation avec des corps célestès *(sf)*
Orientierung nach Gestrine *(sf)*

لمعرفة الإتجاهات الأصلية يمكن إستخدام كل من نجم القطبية والشمس . ولما كانت القطبية تقع قريبا من قطب السماء الشمالى فإننا نجد نقطة الشمال الأرضى عند تلاقى العمود الساقط من نجم القطبية على الأفق . وللتعرف على نجم القطبية نمد الخط الواصل بين العجلتين الخلفيتين للعربة السماوية الكبرى فى كوكبه الدب الأكثر وذلك بمقدار خمسة أضعاف المسافة بينهما (الشكل ؛ ← الدب القطبى) . أما فى أثناء النهار فيمكننا الإستدلال على الإتجاه التقريبى للجنوب من وضع الشمس . ولهذا الغرض فإننا ندير ساعة ، بحيث يتجه مؤشرها الصغير ناحية الشمس . وفى هذه الحالة يشير منصف الزاوية بين إتجاه الشمس والرقم ١٢ إلى ناحية الجنوب تقريبا . (يراعى أن يؤخد لهذا الغرض التوقيت المحلى العادى وليس التوقيت الصيفى أن وجد) .

التوقيت

time
temps *(sm)*
Zeit *(sf)*

← الزمن .

توقيت شرق أوروبا

eastern - european time
heure de l'Europe orientale *(sf)*
osteuropaische Zeit *(sf)*

← الزمن .

التوقيت العالمى

universal time, U. T
temps universel *(sm)*
Weltzeit *(sf)*

هو الزمن المحلى (الزمن الشمسى المتوسط) لخط الزوال صفر أى خط زوال جرينتش (← الزمن) .

توقيت غرب أوروبا

west - european time
heure de l'Europe occidentale *(sf)*
westeuropaische Zeit *(sf)*

← الزمن .

توقيت القاهرة

Cairo time
heure de Caire *(sf)*
kairoer Zeit *(sf)*

← الزمن .

توقيت وسط أوروبا

central - european time
heure de l'Europe centrale *(sf)*
mitteleurapaische Zeit *(sf)*

← الزمن .

التيار البروجى

ecliptic shower
essaim écliptique *(sm)*
Eklyptikalstrom *(sm)*

← تيار شهب يميل مداره بقليل جدا على مستوى البروج .

تيار الثور

taurus shower
essaim du taureau *(sm)*
Taurusstrom *(sm)*

حشد نجمى متحرك ينتمى إلى نجوم القلاص .

تيار الحمل

convection
convection *(sf)*
Konvektion *(sf)*

هو تيار من كميات مادية كبيرة فى السوائل أو الغازات ينشأ على سبيل المثال من الإختلاف فى درجة الحرارة ، ويؤدى بواسطة ما يحدثه من تقليب إلى التساوى فى درجات الحرارة . تلعب تيارات الحمل دورا كبيرا فى ← التركيب الداخلى للنجوم وكذلك فى ← الغلاف الجوى النجمى وذلك فى مجال إنتقال الطاقة .

التيار الدبى

bear's shower
essaim oursique *(sf)*
Barenstrom *(sm)*

← حشد الدب الأكبر .

تيار النجوم

star stream
courant d'étoiles *(sm)*
Sternstrom *(sm)*

عدد من النجوم يتحرك بإنتظام فى إتجاه مفضل .

وهناك نوعان من تيارات النجوم : (١) **تيارات النجوم المحلية** أو ←—— الحشود النجمية المتحركة ، التى تتحرك أعضاؤها فى خطوط متوازية ولها نفس السرعة فى الفضاء ، (٢) **تيارات النجوم الإحصائية** التى نفترضها لتحليل علاقة الحركة فى المنطقة المحيطة بالشمس . وإذا ما فحصنا على وجه التحديد حركة كل هذه النجوم من ناحية السرعة والإتجاه . فإنه يتضح أن كل الإتجاهات لا تظهر بنفس الشيوع . فمثلا تتحرك فى سكة التبانه نجوما أكثر ناحية مركز المجره وفى الإتجاه العكسى عما يتحرك من النجوم فى الإتجاه العمودى على ذلك . وهذا التوزيع الغير متماثل لإتجاهات الحركة تم تعليله بتيارين يتجهان إلى مركز المجره وإلى الإتجاه المضاد فى داخل هذين التيارين تنتشر قيم السرعات وإتجاهاتها فى منطقة عريضه . على خلاف ما يوجد فى تيارات النجوم المحليلة .

التيار النهارى

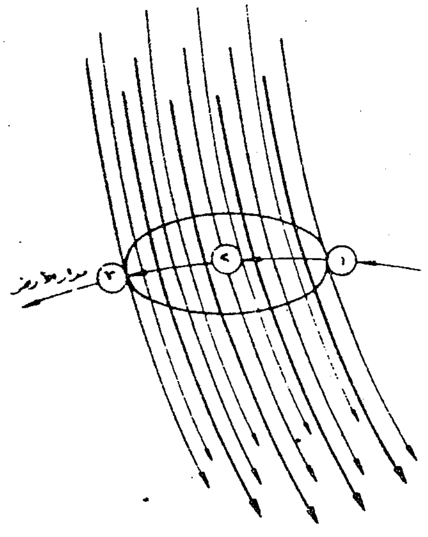
daytime stream
essaim diurne *(sm)*
Tageslichtstrom *(sm)*

هو ←—— تيار النيازك الذى لا يمكن مشاهدته بصريا وإنما فقط بطريقة صدى الراديو (←—— شهاب) نظرا لوجوده على الجانب النهارى من الأرض .

تيار النيازك أو الشهب

meteor stream
essaim de météores *(sm)*
Meteorstrom *(sm)*

رذاذ من النيازك أو ما ينتج عنها من شهب ، تتحرك فى مدارات متوازيه ويرتفع عدد الشهب بدرجة ملحوظة حينما يدور حول الأرض تيار من النيازك . وتعطى التيارات الشديدة مثل الفرساوسيات حتى ٤٠ شهابا كل ساعة . مثل هذه التيارات التى



(١) أجزاء من مدارات تيار نيزكى موضحا عليه مكان الارض فى مدارها عند بداية (١) ، وعند أوج (٢) وعند نهاية (٣) رؤية التيار والقطع الناقص هو مقطع مستوى مدار الأرض بتيار النيازك .

تلفت النظر ولو بدون رصد تعرف عموما تحت إسم **الفتائل النجمية** ، وبعض تيارات النيازك تكون ضعيفة لدرجة أن شيوع الشهب لا يتأثر بها بدرجة ملحوظة . يعطى **تيار نيازك دائم** كل عام نفس العدد من الشهب (على سبيل المثال الفرساوسيات) ، ويتسبب **التيار الدورى** فى إرتفاع كبير فى شيوع الشهب على فترات من بضع سنين (مثل ←—— الأسديات) . **والتيارات الغير مستقره** تعطى بعض المرات شهبا يصير بعدها التيار عديم الدلالة (مثل ←—— المسلسلات) .

على حسب مظهرها فإن أفراد التيار النيزكى المتوازية تدور كما لو كانت نابعة من نقطة (أو منطقة) بذاتها من السماء . تسمى هذه النقطة بالمنبع أو مصدر الشعاع ، ويتحدد مكانها من إتجاه حركة تيار النيازك وحركة الأرض فى مدارها ، أى أنها تتحدد بواسطة حركة التيار المنسوب إلى الأرض المتحركة . ومن المنبع الظاهرى نحصل على المنبع الحقيق عندما نأخذ حركة الأرض فى مدارها أيضا فى الأعتبار . وعلى ذلك فإن المنبع الظاهرى يوضح إتجاه حركة التيار بالنسبه للشمس ولما كان النيزك يقضى فترة قصيرة فقط فى مداره كشهاب لذلك لابد من مد مدار